



KONSEP DAN ISU PENGUMPULAN DATA MENGGUNAKAN PENDEKATAN *CROWDSENSING*: ANALISIS LITERATUR SISTEMATIK

CONCEPTS AND ISSUES OF DATA COLLECTION USING CROWDSENSING APPROACH: SYSTEMATIC LITERATURE ANALYSIS

Abdul Yazid Zuri Manah¹, Norshita Mat Nayan^{2*}, Mohamad Syahmi Shahril³

- ¹ Institut IR4.0, Universiti Kebangsaan Malaysia, Malaysia
Email: p117863@siswa.ukm.edu.my
- ² Institut IR4.0, Universiti Kebangsaan Malaysia, Malaysia
Email: norshitaivi@ukm.edu.my
- ³ Institut IR4.0, Universiti Kebangsaan Malaysia, Malaysia
Email: syahmishahril@ukm.edu.my
- * Corresponding Author

Article Info:

Article history:

Received date: 01.08.2022
Revised date: 30.08.2022
Accepted date: 25.09.2022
Published date: 09.11.2022

To cite this document:

Manah, A. Y. Z., Mat Nayan, N., & Shahril, M. S. (2022). Konsep Dan Isu Pengumpulan Data Menggunakan Pendekatan *Crowdsensing*: Analisis Literatur Sistematis. *Journal of Information System and Technology Management*, 7 (28), 24-45.

DOI: 10.35631/JISTM.728003

This work is licensed under [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



Abstrak:

Kajian ini bertujuan untuk meninjau kajian-kajian lepas yang menggunakan pendekatan *crowdsensing*. Melalui kajian ini, pelaksanaan konsep dan mekanisme *crowdsensing* yang sedia ada telah dikenal pasti bagi meningkatkan pengalaman pengguna. Isu-isu yang dihadapi dalam pelaksanaan pendekatan *crowdsensing* seperti privasi dan integriti data, kualiti data, pertindihan data dan penggunaan tenaga juga dibincangkan di dalam kertas ini bagi mengenal pasti penambahbaikan yang boleh dilakukan. Kaedah pencarian artikel lepas telah dilakukan dengan menelusuri beberapa pangkalan data seperti *Scopus*, *Web of Science (WOS)*, *ACM Digital Library* dan *IEEE Xplore*. Kriteria pemilihan artikel adalah: i) Tahun penerbitan antara 2008 dan 2022, ii) Bahasa melayu atau inggeris, iii) Membincangkan mekanisme yang digunakan, v) Menyatakan konsep pelaksanaan *crowdsensing* dan vi) Menyatakan isu-isu yang dihadapi dalam pelaksanaan pendekatan *crowdsensing*. Berdasarkan daripada hasil tinjauan mendapati bahawa *crowdsensing* adalah merupakan salah satu pendekatan yang boleh digunakan dalam proses pengumpulan data. Pendekatan ini adalah satu konsep yang boleh diguna pakai di dalam pembangunan platform digital bagi mendapatkan input ataupun maklumat daripada orang ramai dengan lebih menyeluruh. *Crowdsensing* juga merupakan penyelesaian kos rendah dan mudah untuk digunakan.

Kata Kunci:

Penderiaan Khalayak, Pengumpulan Data, Perkongsian Data, Mekanisma *Crowdsensing*, Penyertaan Khalayak

Abstract:

The aim of this study was to review past studies using a crowdsensing approach. Through this study, the implementation of existing crowdsensing concepts and mechanisms has been identified to enhance the user experience. Issues faced in the implementation of crowdsensing approaches such as data privacy and integrity, data quality, data duplication and energy consumption are also discussed in this paper to identify improvements that can be made. The search method of past articles was done by tracing several databases such as Scopus, Web of Science (WOS), ACM Digital Library and IEEE Xplore. The article selection criteria are: i) Year of publication between 2008 and 2022, ii) Malay or English, iii) Discussing the mechanism used, v) Stating the concept of implementation and vi) Stating the issues faced in the implementation of the crowdsensing approach. Based on the results of the survey, crowdsensing is one of the approaches that can be used in the data collection process. This approach is a concept that can be adopted in the development of digital platforms to obtain input or information from the public more comprehensively. Crowdsensing is also a low-cost and easy-to-use solution.

Keywords:

Crowdsensing, Data Collection, Data Sharing, Crowdsensing Mechanism, Crowd Participatory

Pengenalan

Data merupakan salah satu aset terpenting dalam setiap organisasi atau agensi untuk dijadikan sebagai rujukan ataupun untuk menganalisa sesuatu maklumat. Oleh itu, keselamatan dan kesahihan data harus dipastikan terjamin sepanjang masa. Data boleh dibahagikan kepada tiga kategori iaitu data berstruktur, semi-berstruktur dan juga tidak berstruktur. Data berstruktur merupakan data yang boleh diproses, disimpan, dan diambil dalam format yang sama (Alamsyah et al., 2019). Menurutnya lagi, data tidak berstruktur pula merupakan data yang tidak memiliki bentuk atau struktur yang khusus. Manakala, data semi-berstruktur merupakan bentuk data yang mengandungi format data berstruktur dan tidak berstruktur. Pelbagai kaedah boleh diguna pakai bagi mengumpul data-data tersebut, antaranya adalah dengan menggunakan pendekatan *crowdsensing* di dalam platform digital yang dibangunkan (Alamsyah et al., 2019).

Crowdsensing merupakan satu pendekatan yang melibatkan sekumpulan besar masyarakat ataupun pengguna yang menggunakan alat peranti pintar dan mempunyai capaian internet untuk menerima atau memberi input data tertentu kepada pihak yang berkepentingan (Ren et al., 2015). Menurut Ogie (2016), teras utama yang menentukan kejayaan pendekatan ini adalah dengan penglibatan pengguna yang aktif. Di mana setiap pengguna *crowdsensing* mengumpul dan menyumbang data melalui peranti mudah alih peribadi mereka seperti telefon pintar (Nandagopal et al., 2018).

Crowdsensing dapat digunakan dalam proses pengumpulan data berdasarkan input yang diperoleh daripada pengguna (Sherchan et al., 2012). Konsep ini telah lama digunakan iaitu

sebelum kewujudan zaman teknologi digital lagi (Chen et al., 2017), di mana penglibatan masyarakat dalam memberi pandangan bagi proses mencari penyelesaian kepada masalah yang sukar untuk ditangani (Song et al., 2017).

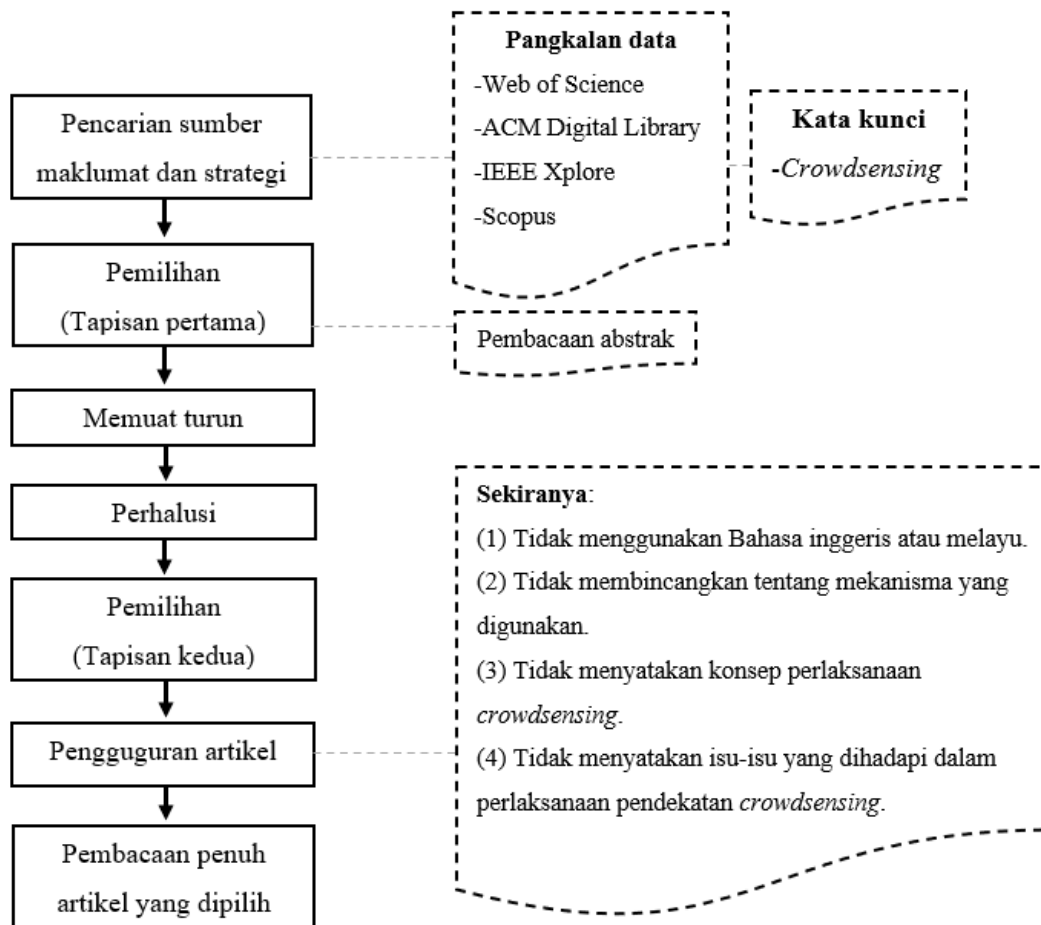
Menurut Ogie (2016), Secara asasnya, konsep *crowdsensing* ini terbahagi kepada dua jenis iaitu penyertaan (*participatory*) dan oportunistik (*opportunistic*). *Participatory crowdsensing* adalah di mana pengguna secara sukarela melibatkan diri dalam proses pengumpulan data dengan cara memberi input yang diperlukan (Ganti et al., 2011), manakala *opportunistic crowdsensing* pula adalah, data dikesan, dikumpulkan dan dikongsi melalui intervensi dan pengetahuan sedia ada pengguna (Khan et al., 2012).

Konsep *crowdsensing* ini mengandungi 3 proses utama iaitu pengumpulan, penyimpanan dan juga memuat naik data (Cameron. 2018). Pengumpulan data dapat diperolehi dari instrumen yang digunakan (Song et al., 2017). Di dalam fasa pengumpulan data ada melibatkan proses deduplikasi (*deduplication*), yang mana proses ini adalah untuk menghapuskan maklumat yang berulang ataupun berlebihan dari satu set data (Chen et al., 2017). Proses ini akan menyaring semua data yang telah dikumpulkan sebelum ke tahap seterusnya iaitu melakukan proses penyimpanan data di dalam peranti pengguna. Proses ini membolehkan pengguna lain juga dapat berkongsi dan berkomunikasi dengan data tersebut. Manakala, proses yang terakhir adalah pengguna memuat naik data untuk dikongsi bersama pengguna yang lain melalui aplikasi mudah alih atau apa sahaja peranti komunikasi yang sesuai.

Kertas ini membincangkan hasil tinjauan bagi kajian-kajian lepas yang menggunakan pendekatan *crowdsensing* seperti pelaksanaan konsep dan mekanisma *crowdsensing* yang sedia ada, isu-isu yang dihadapi dalam pelaksanaan pendekatan *crowdsensing* seperti privasi dan integriti data, kualiti data, pertindihan data dan penggunaan tenaga serta mencadangkan kajian akan datang yang boleh dilakukan bagi mengatasi isu-isu yang dihadapi semasa proses pengumpulan data dalam *crowdsensing*.

Kaedah Kajian

Terdapat dua kaedah yang diguna pakai di dalam kajian ini iaitu sumber dan strategi pencarian data, dan kriteria pemilihan sebagaimana yang ditunjukkan dalam rajah 1:



Rajah 1: Kaedah kajian

Sumber dan Strategi Pencarian Data

Beberapa pangkalan data telah ditelusuri semasa proses pencarian artikel yang berkaitan dengan pendekatan seperti Scopus, web of science (WOS), ACM Digital Library dan IEEE Xplore. Kombinasi istilah platform digital dan pendekatan *crowdsensing* telah digunakan sebagai strategi dalam pencarian data. Pencarian ini telah dijalankan selama (5) bulan iaitu bermula dari Disember 2021 hingga April 2022. Pada mulanya hanya istilah pendekatan *crowdsensing* digunakan, namun, hasil yang ditemui adalah terlalu luas. Justeru, kata kunci telah diubah kepada mekanisma pendekatan *crowdsensing* sedia ada seperti insentif kesedaran-privasi (Privacy-Aware), insentif berasaskan kewangan (Monetary-Based) dan lain-lain. Penggunaan kata kunci dipilih berdasarkan kepada kata kunci yang diperoleh di dalam beberapa artikel yang telah ditemui. Pencarian artikel tidak mengambil kira hasil dapatan yang menjurus kepada proses pelaksanaan pendekatan *crowdsensing* dijalankan kerana objektif utama mengetahui konsep *crowdsensing*, bagaimana perlaksanaanya dan juga apakah isu yang dihadapi. Tajuk artikel yang dipilih daripada hasil pencarian kata kunci yang digunakan adalah seperti yang tertera di dalam jadual 1:

Jadual 1: Senarai Artikel yang Dipilih

Id	Penulis	Tahun	Tajuk	Pangkalan Data
S1	Gendy et al.	2020	<i>Green Crowdsensing with Comprehensive Reputation Awareness and Predictive Device-Application Matching Using a New Real-Life Dataset.</i>	Scopus
S2	Alsheikh et al.	2017	<i>The accuracy-privacy trade-off of mobile crowdsensing.</i>	Web of Science
S3	Cao et al.	2015	<i>Target tracking via crowdsourcing: A mechanism design approach.</i>	Web of Science
S4	Yang et al.	2012	<i>Crowdsourcing to smartphones: Incentive mechanism design for mobile phone sensing.</i>	IEEE
S5	Xu et al.	2015	<i>Incentive Mechanisms for Time Window Dependent Tasks in Mobile Crowdsensing.</i>	Scopus
S6	Luo et al.	2016	<i>Incentive Mechanism Design for Crowdsourcing.</i>	Scopus
S7	Krontiris et al.	2010	<i>Location privacy in urban sensing networks: research challenges and directions [security and privacy in emerging wireless networks].</i>	Web of Science
S8	Huang et al.	2010	<i>The case for a reputation system in participatory sensing.</i>	IEEE
S9	Liu et al.	2015	<i>Energy-Aware Participant Selection for Smartphone-Enabled Mobile Crowd Sensing.</i>	Scopus
S10	Alamsyah et al	2019	<i>Object Detection Using Convolutional Neural Network to Identify Popular Fashion Product.</i>	IEEE
S11	Sleem et al.	2021	<i>Enhancing Task Assignment in Crowdsensing Systems Based on Sensing Intervals and Location</i>	Scopus
S12	Peng et al.	2022	<i>A Privacy-Preserving Mobile Crowdsensing Scheme Based on</i>	Web of Science

<i>Blockchain and Trusted Execution Environment</i>				
S13	Liu et al.	2020	<i>A Ubiquitous Operating System for Crowdsourcing and Mobile Crowd Sensing</i>	IEEE
S14	Cao et al.	2019	<i>Optimal Auction Design with Quantized Bids for Target Tracking via Crowdsensing</i>	Scopus
S15	Wang et al.	2013	<i>Anonymous Reputation and Trust in Participatory Sensing</i>	ACM digital library
S16	Liu et al.	2018	<i>A Survey of Mobile Crowdsensing Techniques: A Critical Component for The Internet of Things</i>	Scopus
S17	Li et al.	2019	<i>Deep reinforcement scheduling for mobile crowdsensing in fog computing</i>	Scopus
S18	Liu et al.	2020	<i>Incentive Mechanisms for Crowdsensing: Motivating Users to Preprocess Data for the Crowdsourcer</i>	IEEE
S19	Wang et al.	2019	<i>Collaborative Mobile Crowdsensing in Opportunistic D2D Networks: A Graph-based Approach</i>	Web of Science
S20	Kim et al.	2017	<i>TrailSense: A Crowdsensing System for Detecting Risky Mountain Trail Segments with Walking Pattern Analysis</i>	IEEE
S21	Kim et al.	2011	<i>Creek Watch: Pairing Usefulness and Usability for Successful Citizen Science</i>	IEEE
S22	Pu et al.	2018	<i>Chimera: An Energy-efficient and Deadline-aware Hybrid Edge Computing Framework for Vehicular Crowdsensing Applications</i>	Scopus
S23	Tuite et al.	2011	<i>PhotoCity: Training Experts at Large-scale Image Acquisition Through a Competitive Game</i>	ACM digital library

S24	Maisonneuve et al.	2009	<i>NoiseTube: Measuring and mapping noise pollution with mobile phones</i>	IEEE
S25	Yang et al.	2012	<i>Locating in fingerprint space: wireless indoor localization with little human intervention</i>	Web of Science
S26	Liu et al.	2011	<i>Mining frequent trajectory patterns for activity monitoring using radio frequency tag arrays</i>	IEEE
S27	Eisenman et al.	2010	<i>BikeNet: A mobile sensing system for cyclist experience mapping</i>	Scopus
S28	Zhou et al.	2012	<i>Predicting bus arrival time with mobile phone based participatory sensing</i>	Scopus
S29	Mun et al.	2009	<i>PEIR, the personal environmental impact report, as a platform for participatory sensing systems research</i>	IEEE
S30	Thiagarajan et al.	2009	<i>Vtrack: accurate, energy-aware road traffic delay estimation using mobile phones</i>	ACM digital library
S31	Reddy et al.	2007	<i>Image browsing, processing, and clustering for participatory sensing: lessons from a DietSense prototype</i>	IEEE
S32	Rana et al.	2009	<i>Ear-Phone assessment of noise pollution with mobile phones</i>	ACM digital library
S33	Dutta et al.	2009	<i>Common sense: participatory urban sensing using a network of handheld air quality monitors</i>	Scopus
S34	Mohan et al.	2008	<i>Nericell: rich monitoring of road and traffic conditions using mobile smartphones</i>	IEEE

Bacaan abstrak dibuat di fasa akhir strategi pencarian bagi menapis segala artikel yang tidak berkaitan dengan objektif yang hendak dicapai. Selain itu, tajuk dan juga abstrak setiap artikel yang dikumpulkan akan ditapis berulang kali bagi memastikan tiada artikel yang sama dimasukkan ke dalam senarai. Setelah mengenal pasti artikel yang sesuai, bacaan akan dibuat

dengan memfokuskan kepada kaedah dan hasil dapatan kajian di dalam ruang lingkup; (1) Konsep pelaksanaan *crowdsensing*, (2) Mekanisma sedia ada (3) isu-isu yang dihadapi.

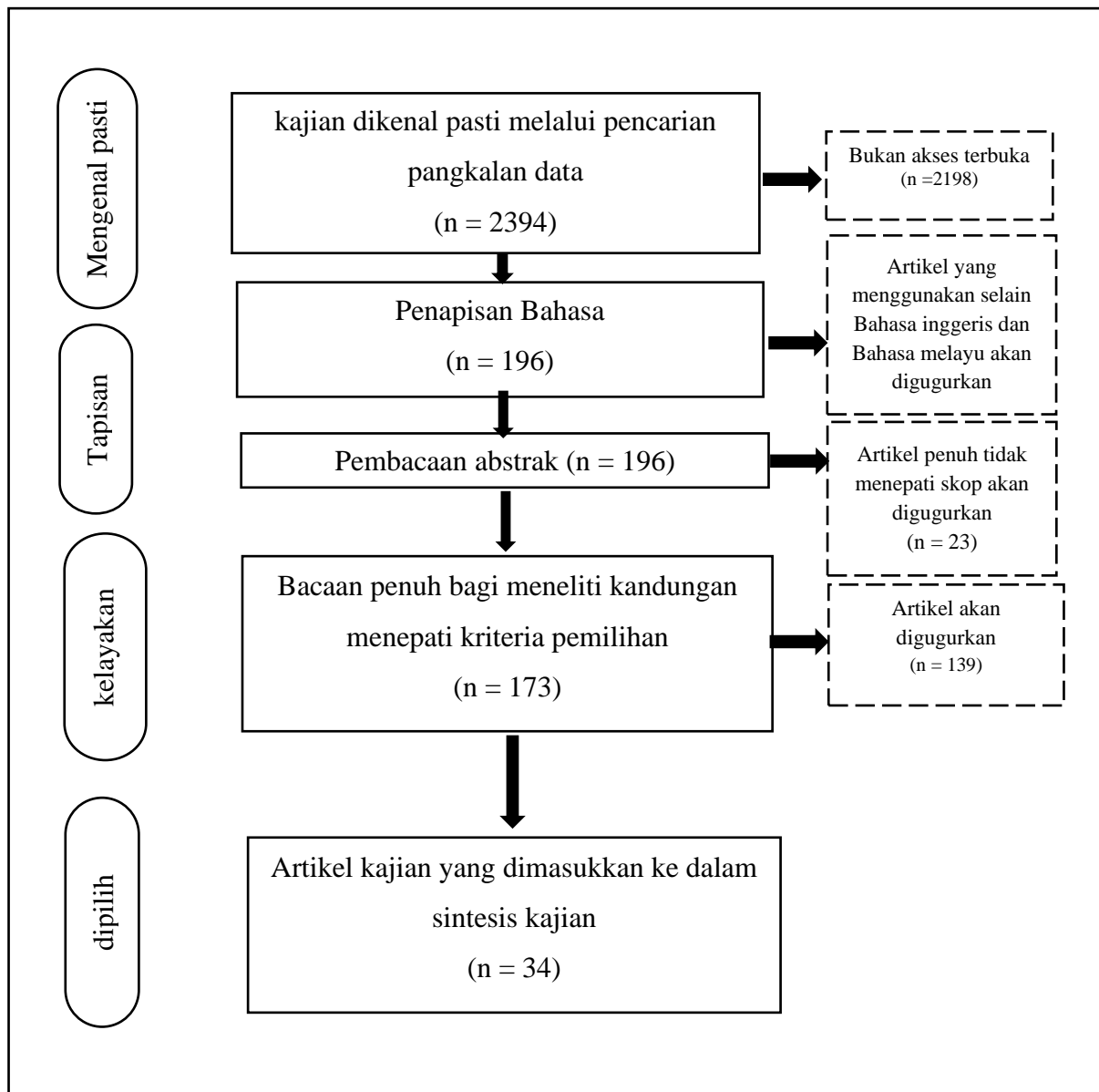
Kriteria Pemilihan

Pemilihan artikel yang dibuat adalah bermula pada terbitan tahun 2008 hingga 2022. Julat tempoh kajian yang dipilih selama empat belas tahun adalah bertujuan untuk menghasilkan kajian yang lebih baik dan matang. Pemilihan artikel dimasukkan dalam senarai bacaan yang memenuhi kata kunci utama carian. Artikel dimasukkan ke dalam senarai bacaan sekiranya berkaitan dengan tajuk utama iaitu pendekatan *crowdsensing* tanpa mengambil kira jenis intervensi dan platform. Maksud dan istilah *crowdsensing* yang lebih umum juga digunakan sebagai kriteria artikel yang dipilih. Penulisan artikel tersebut perlu mengemukakan persoalan mengenai masalah yang dihadapi bagi sesuatu mekanisma yang digunakan di dalam pendekatan.

Artikel akan digugurkan daripada senarai bacaan sekiranya (1) diterbitkan dalam bahasa lain selain dari Bahasa Inggeris atau Bahasa Melayu, (2) tidak membincangkan tentang mekanisma yang digunakan, (3) tidak menyatakan konsep pelaksanaan *crowdsensing* dan (4) tidak menyatakan isu-isu yang dihadapi dalam pelaksanaan pendekatan *crowdsensing*.

Hasil dan Perbincangan

Sebanyak 2394 artikel yang direkodkan berdasarkan kata kunci yang dimasukkan ke dalam pencarian pangkalan data. Kesemua makalah ini dipaparkan berdasarkan mana-mana kategori yang menepati kata kunci: Scopus (n = 683), Web of Science (n = 624), ACM Digital Library (n = 276) dan IEEE Xplore (n = 811). Hanya 196 artikel yang dapat dimuat turun kerana artikel tersebut datang dari sumber yang sama. Disamping itu, artikel yang tidak menggunakan Bahasa Inggeris atau Bahasa Melayu telah digugurkan, abstrak dibaca dan dinilai untuk pemilihan seterusnya (n = 196). Artikel yang berulang juga digugurkan, menjadikan baki sebanyak n = 184. Artikel yang berbentuk protokol kajian, cadangan untuk aplikasi prototaip dan bacaan literatur dikecualikan daripada bacaan (n = 9). Artikel yang berbaki diterima untuk bacaan penuh (n = 173) disaring sekali lagi bagi memastikannya memenuhi kriteria pemilihan. Sejumlah artikel didapati tidak membincangkan tentang mekanisma yang digunakan, konsep yang diguna pakai dan isu-isu yang timbul dalam pelaksanaan pendekatan *crowdsensing* juga telah digugurkan daripada senarai bacaan. Jumlah artikel terakhir yang berbaki (n = 34) dimasukkan ke dalam perbincangan kajian ini seperti mana yang ditunjukkan dalam rajah 2.



Rajah 2: Carta Alir Pemilihan Makalah Melalui Fasa-Fasa Kajian Tinjauan Sistemik

Berdasarkan kepada semua artikel yang telah dipilih, perbezaan dan persamaan antara hasil-hasil kajian telah dianalisis berdasarkan mekanisma sedia ada, konsep dan juga isu-isu yang timbul dalam pelaksanaan pendekatan *crowdsensing*. Rumusan pemilihan artikel daripada setiap pangkalan data adalah seperti yang terkandung di dalam Jadual 2.

Jadual 2: Saringan Artikel Mengikut Pangkalan Data

Pangkalan data	Scopus	Web of Science	ACM digital library	IEEE Explore
Ditemui	683	624	276	811
Dimuat naik	75	64	19	38

Bahasa inggeris atau Bahasa melayu	75	64	19	38
Buang artikel yang sama	69	60	18	36
Bukan jenis protocol kajian, cadangan aplikasi prototaip dan bacaan kajian tinjauan lepas	67	56	17	33
Tidak menyatakan mekanisma sedia ada, konsep dan isu-isu yang timbul dalam pelaksanaan pendekatan <i>crowdsensing</i>	57	50	16	30
Jumlah yang memenuhi kriteria pemilihan	12	7	4	11

Perlaksanaan Konsep Crowdsensing

Daripada hasil pembacaan artikel-artikel yang telah diterbitkan, konsep *crowdsensing* sebelum ini telah diguna pakai dalam beberapa aplikasi dan sistem sedia ada yang telah dibangunkan seperti mana yang ditunjukkan dalam Jadual 3:

Jadual 3: Aplikasi Dan Sistem Sedia Ada Yang Menggunakan Pendekatan Crowdsensing

Aplikasi/Sistem	Fungsi	ID Makalah
NoiseTube, Ear-Phone	Untuk menghasilkan peta hingar	S5, S4, S18, S25, S32
Frequent Trajectory Pattern Mining	Mengawal sebarang aktiviti	S5, S26
Haze Watch, Common sense	Mengawal pencemaran	S5, S18, S33
BikeNet, DietSense	Penjagaan kesihatan	S5, S31, S27
Crowd-participated system	Meramal waktu ketibaan bas	S5, S28
PEIR	Mengira kesan dan pendedahan persekitaran yang diperibadikan	S5, S25, S29
VTrack, Nericell	Menyediakan maklumat trafik	S5, S25, S34, S30
Chimera	untuk menambah sumber kenderaan seluruh rangkaian	S22, S18

CreekWatch	Untuk melaporkan maklumat tentang laluan air untuk membantu program pengurusan air	S21, S18
Photocity	untuk memantau infrastruktur bandar	S23, S18

NoiseTube, Ear-Phone

NoiseTube (Rana et. al, 2009) dan *Ear-Phone* (Maisonneuve et. al, 2009) merupakan aplikasi yang dibangunkan untuk menghasilkan peta hingar, di mana peta hingar boleh memberikan maklumat yang berguna bagi mengawal bunyi bising pencemaran. Kedua-dua aplikasi ini menggunakan telefon pintar yang dilengkapi *Global Positioning System* (GPS) sebagai sensor bunyi. Selain itu, aplikasi ini juga menggunakan pendekatan yang berpusatkan orang ramai (*People-centric*) untuk mengumpulkan data bagi meminimumkan perbelanjaan bagi pembangunan platform, dan mewujudkan platform terbuka untuk mengukur, menganotasi dan menyetempatan pencemaran bunyi. Justeru, orang ramai boleh menyumbang dengan berkongsi input yang kualitatif seperti ukuran geo-tempatan mereka dan anotasi peribadi selanjutnya untuk menghasilkan peta hingar yang kolektif.

Frequent Trajectory Pattern Mining

Frequent Trajectory Pattern Mining merupakan sebuah model yang dibangunkan bagi menyediakan pendekatan yang lebih efektif dan murah untuk mengawal sebarang aktiviti dengan menggunakan tatasusunan tag frekuensi radio (Liu et. al, 2012). Model ini diguna pakai di dalam sistem teknologi *Radio Frequency IDentification* (*RFID*), di mana teknik penerokaan data (*data mining*) digunakan untuk mengesan dan menganalisis corak trajektori yang kerap (*Frequent trajectory pattern*). Teknologi RFID ini menyimpan dan mendapatkan semula segala data melalui penghantaran elektromagnet ke litar bersepadu yang sesuai dengan radio frekuensi (RF) di mana pembaca RF (*RF reader*) boleh membaca data yang dipancarkan daripada tag RF yang aktif. Pembaca dan tag RF menggunakan frekuensi radio dan protokol yang ditentukan bagi menghantar dan menerima sebarang data. Tag RF ini juga telah dikategorikan kepada dua bahagian iaitu aktif dan pasif. Tag RF pasif tidak memerlukan bateri untuk beroperasi dan julat bacaannya adalah terhad. Manakala tag aktif pula mengandungi *transceiver* radio dan bateri sel butang bagi mengaktifkan *transceiver*. Justeru tag aktif ini mempunyai julat bacaan yang lebih besar berbanding tag pasif.

Haze Watch, Common Sense

Haze Watch (Xu et al., 2015) dan *Common Sense* (Dutta et.al, 2009) dibangunkan untuk mengawal sebarang pencemaran yang boleh menjejaskan kesihatan masyarakat setempat. *Common Sense* membangunkan sistem penderiaan penyertaan mudah alih (*mobile participatory sensing*) yang membolehkan seseorang individu untuk mengukur pendedahan peribadi mereka, atau kumpulan untuk pendedahan ahli mereka, dan juga para aktivis untuk mengerakkan komuniti secara menyeluruh. sistem penderiaan penyertaan mudah alih tersebut menggunakan peranti elektronik pengguna untuk menangkap, memproses dan menyebarkan data. Selain itu, *Common Sense* juga mempunyai rangkaian papan pemuka dan perisian terbenam yang membolehkan ianya digunakan bersama dengan peranti mudah alih yang berkaitan atau konfigurasi yang berdiri sendiri (*stand-alone configuration*). Bacaan sensor dan ruang masa GPS bagi aplikasi ini dihantar ke pelayan pangkalan data dengan menggunakan

radio *General Packet Radio Service* (GPRS). Ia juga mempunyai alat visualisasi mudah alih berasaskan internet dan bercirikan komuniti untuk menyokong tafsiran dalam talian kolaboratif bagi fenomena menarik dan tindakan strategi pembangunan kolektif.

Aplikasi *Haze Watch* pula telah membangunkan sensor pencemaran mudah alih yang dipasang pada kenderaan bermotor bagi mengumpulkan bacaan tahap pencemaran udara. Bacaan yang diukur akan dihantar ke Iphone di dalam kereta melalui komunikasi *Bluetooth*. Melalui aplikasi ini, kedua-dua koordinat masa dan GPS direkodkan dan dihantar ke pelayan. Selain itu, *Haze Watch* juga memaparkan bacaan pencemaran yang berkesan pada peta visual untuk menunjukkan tahap kepekatan bahan pencemar. Aplikasi ini menggunakan mekanisme integriti data yang kuat kerana bacaan pencemaran yang diperlukan merangkumi keseluruhan garis masa.

BikeNet, DietSense

BikeNet (Eisenman et al., 2010) dan *DietSense* (Reddy et al., 2007) merupakan aplikasi yang dibangunkan untuk penjagaan kesihatan dengan lebih baik. *DietSense* adalah sistem perisian yang menggunakan teknik pemprosesan gambar automatik dan tinjauan gambar manual. Aplikasi ini mempunyai satu alat perisian yang dikenali sebagai *ImageScape* yang dibangunkan bagi tujuan memproses, mengelompokkan dan mengimbas set imej yang berskala besar. *ImageScape* direka khas sebagai komponen analisis di dalam aplikasi *DietSense* bagi menyokong penggunaan peranti mudah alih untuk dokumentasi multimedia automatik berkaitan pilihan diet, semakan *pasca facto* yang cekap terhadap media yang ditangkap oleh para peserta dan penyelidik, serta pengurangan mudah dan penyebaran protokol pengumpulan data. *DietSense* juga menggunakan sistem penderiaan penyertaan (*participatory sensing system*), di mana rangkaian dan seni bina perisiannya membolehkan individu dan komuniti menggunakan peranti mudah alih mereka sendiri sebagai sensor dengan cara yang lebih selamat.

Aplikasi *BikeNet* pula merupakan sistem penderiaan mudah alih bagi memetakan pengalaman penunggang basikal dengan menggunakan beberapa sensor yang diletakkan di dalam basikal untuk mengumpulkan data kuantitatif berkaitan tunggangan penunggang. Tambahan itu, aplikasi ini menggunakan operasi dwi-mod bagi pengumpulan data dengan menggunakan titik akses tanpa wayar secara lalai dan memanfaatkan data selular telefon bimbit penunggang untuk komunikasi masa sebenar seperti yang diperlukan. *BikeNet* juga menyediakan portal berasaskan Web untuk setiap penunggang bagi mengakses pelbagai data, dan membolehkan perkongsian data berkaitan aktiviti berbasikal dalam kumpulan yang minat berbasikal.

Crowd-Participated System

Crowd-participated system adalah merupakan satu sistem yang dibangunkan bagi meramal waktu ketibaan bas berdasarkan penderiaan penyertaan khalayak (*crowd-participatory sensing*) penumpang bas (Zhou et al., 2012). Sistem ini merangkumi tiga komponen utama iaitu pengguna yang berkongsi, pengguna yang bertanya dan juga pelayan bahagian belakang (*backend*). Melalui aplikasi ini, pengguna akan berkongsi data menggunakan telefon bimbit yang mengandungi pelbagai sensor bagi mengesan dan melaporkan isyarat selular ringan dan persekitaran sekitar ke pelayan backend, pengguna yang bertanya pula menanyakan waktu ketibaan bas untuk laluan bas tertentu dengan menggunakan telefon bimbit. Pelayan *backend* pula mengumpulkan segala maklumat yang dilaporkan dengan serta merta daripada pengguna

yang berkongsi dan seterusnya memproses maklumat tersebut secara intelektual bagi memantau laluan bas dan meramalkan waktu ketibaan bas.

PEIR

PEIR merupakan satu aplikasi yang direka untuk menyukat kesan dan pendedahan persekitaran yang diperibadikan melalui data lokasi yang diambil daripada telefon bimbit (Mun et al., 2009). Ia menggunakan telefon bimbit untuk mengumpul dan memuat naik data secara automatik ke model bahagian pelayan yang menjana output berasaskan web untuk setiap peserta. Selain itu, Aplikasi ini juga dicipta bagi meneroka cara menjadikan sistem penderiaan penyertaan relevan pada skala yang besar, melalui platform yang mengintegrasikan pengumpulan data mudah alih dan model yang mengambil masa dan lokasi sebagai input utama.

VTrack, Nericell

VTrack dan *Nericell* merupakan aplikasi yang dicipta bagi menyediakan maklumat trafik. Menurut Mohan (2008), *Nericell* dibangunkan bagi memantau keadaan semasa jalan raya dan lalu lintas melalui telefon bimbit (Mohan et al., 2008). Selain itu, aplikasi ini juga boleh mengatur telefon pintar untuk melakukan pengesanan dan melaporkan data itu kembali ke pelayan untuk proses pengagregatan.

Aplikasi *VTrack* pula dibangunkan bagi menganggarkan masa perjalanan dengan menggunakan sensor seperti GPS dan Wifi untuk menangani dua cabaran utama iaitu penggunaan tenaga dan ketidakpercayaan sensor (Thiagarajan et al., 2009). Justeru aplikasi ini menggunakan mekanisma yang mempunyai kecekapan tenaga yang baik.

Chimera

Chimera dibangunkan untuk menambah sumber kenderaan seluruh rangkaian dengan rangka kerja pengkomputeran tepi hybrid yang disepadukan dengan rangkaian akses radio awan (Pu et al., 2018). Ia juga direka bertujuan untuk meminimumkan penggunaan tenaga kenderaan di seluruh rangkaian yang menggunakan aplikasi *crowdsensing heterogenous*.

CreekWatch

CreekWatch merupakan aplikasi yang dicipta bagi melaporkan maklumat tentang laluan air untuk membantu program pengurusan air (Kim et al., 2011). *CreekWatch* menggabungkan kedua-dua aplikasi iPhone dan laman Web di dalamnya. Di mana aplikasi iPhone membolehkan pengguna menyumbang data aliran air dan sampah dari satu sungai ke sungai yang lain. Manakala, laman web pula membolehkan pengguna melihat data yang disumbangkan dan menyediakan saintis akses kepada semua data yang telah dikumpulkan.

Photocity

Photocity pula dibangunkan bagi memantau infrastuktur bandar. Ia merupakan satu permainan atas talian yang boleh melatih pemainnya untuk menjadi pakar dalam mengambil gambar di lokasi yang disasarkan bagi tujuan menghasilkan model bangunan 3D (Tuite et al., 2011). Permainan ini memproses gambar yang dirakam menggunakan teknik penglihatan komputer dan menggunakannya bagi mngembangkan model 3D secara beransur-ansur.

Dalam proses perlaksanaan konsep ini, terdapat satu cabaran realistik yang dihadapi iaitu bagaimana untuk menarik bilangan peserta yang mencukupi dan mengekalkan keterlibatan pengguna untuk menjamin kualiti perkhidmatan (Chen et. al, 2017). Justeru bagi mengatasi

cabaran ini, beberapa mekanisma insentif telah dibangunkan bagi meningkatkan pengalaman pengguna. Diantaranya adalah harga dinamik berasaskan lelongan terbalik (*Reverse Auction based Dynamic Price*) bertujuan untuk meminimumkan kos dan menstabilkan tahap penglibatan pengguna (Lee et al., 2010), Insentif kesedaran privasi bertujuan untuk memelihara privasi dan memaksimumkan ketepatan data (Alsheikh et al., 2017), Lelongan Bayesian bertujuan untuk memaksimumkan jumlah sasaran penjejakan utiliti (Cao et al., 2015), Lelongan dimeterai_bidaan dan permainan Stackelberg untuk menarik lebih banyak pengguna dan juga untuk mengurangkan ganjaran yang diberikan kepada pengguna (Yang et al., 2012), Lelongan Vickrey bertujuan untuk menentukan kualiti data yang terjamin, lengkap dan mempunyai struktur yang kukuh (Xu et al., 2015) dan lelongan semua-bayar yang bertujuan untuk menarik lebih banyak pengguna dan untuk meminimumkan ganjaran yang diterima oleh pengguna (utiliti perkhidmatan).

Mekanisma Sedia Ada Dalam Sistem Crowdsensing

Berdasarkan hasil kajian artikel yang dipilih, mekanisma sedia ada boleh dikategorikan kepada dua iaitu insentif kesedaran-privasi (*Privacy-Aware*) dan insentif berasaskan kewangan (*Monetary-Based*). Insentif ini merupakan sebahagian daripada faktor untuk mengekalkan kebolehpercayaan pengguna (Gendy et al., 2020). Insentif kesedaran privasi dibangunkan adalah bertujuan untuk memelihara privasi dan memaksimumkan ketepatan data (Alsheikh et al., 2017). Di mana pembangun sistem membeli data daripada pengguna melalui instrumen yang dibangunkan dan membuat analisa kepada data tersebut, seterusnya berkongsi data tersebut dengan pengguna yang lain. Insentif ini amat penting kepada pengguna bagi mengelakkan identiti sebenar mereka tersebar. Maklumat sensitif pengguna seperti gambar dan lokasi semasa boleh terdedah kepada penyerang jika sesuatu sistem itu tidak mengandungi mekanisma yang menitikberatkan privasi pengguna (Peng et al., 2022).

Bagi insentif berasaskan kewangan pula, berlaku persaingan di antara pengguna dalam melaksanakan tugas *crowdsensing*. Terdapat 5 sub-mekanisma sedia ada yang telah dibangunkan menggunakan konsep insentif berasaskan kewangan. Diantaranya ialah lelongan Bayesian (*Bayesian Auction*), lelongan Dimeterai-Bidaan (*Sealed-Bid Auction*), pertandingan Stackelberg (*Stackelberg Competition*), lelongan Vickrey (*Vickrey Auction*) dan lelongan Semua-Bayar (*All-Pay Auction*). Jadual 3 menunjukkan senarai sub-mekanisma sedia ada di dalam insentif berasaskan kewangan:

Jadual 3: Senarai Sub-Mekanisma Dalam Insentif Berasaskan Kewangan

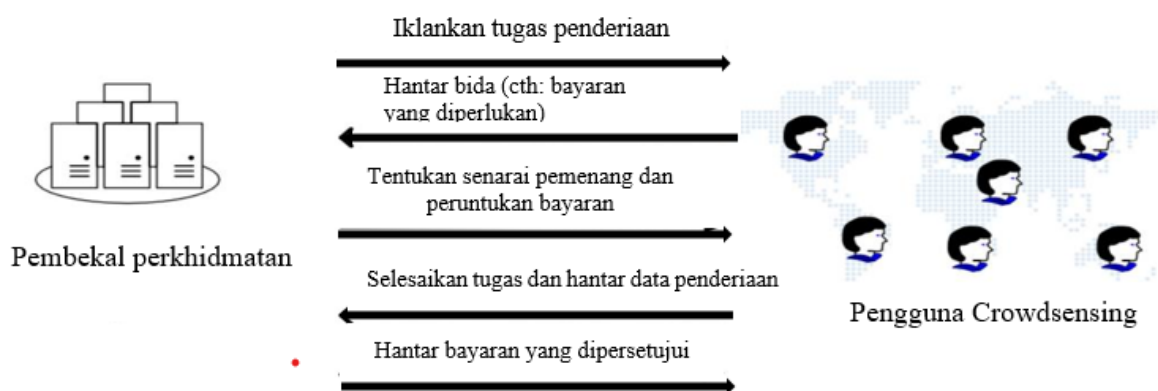
Sub-mekanisma	Konsep	ID Makalah
Lelongan Bayesian (Bayesian Auction)	<ul style="list-style-type: none"> - Memaksimumkan jumlah sasaran penjejakan utiliti. - Pengguna tidak mengendahkan kehilangan ganjaran - Skim ganjaran pemenang ambang - Menjamin utiliti bukan negatif 	S3

<p>Lelongan Dimeterai- Bidaan (Sealed-Bid Auction) dan pertandingan Stackelberg (Stackelberg Competition).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Menarik lebih banyak pengguna. - Mengurangkan ganjaran - Skim berpusatkan pengguna (User-Centric) dan skim berpusatkan platform (Platform-Centric). - Skim ganjaran pemenang ambang 	S4
<p>Lelongan Vickrey (Vickrey Auction).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Menentukan kualiti data yang terjamin dan lengkap. - Skim bayaran tanggungan caruman. - Pengguna tidak boleh menaikkan ganjaran 	S5
<p>Lelongan Semua-Bayar (All-Pay Auction).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Menarik lebih banyak pengguna. - Mengurangkan ganjaran - Pengguna perlu menerima bayaran tertentu yang diberikan. - Skim bayaran tanggungan caruman semua. 	S6

Lelongan Bayesian dibangunkan adalah bertujuan untuk memaksimumkan jumlah sasaran penjejakan utiliti (Cao et al., 2015). Pembangun menggunakan satu entiti yang menyebabkan pengguna tidak menyedari atau tidak mengendahkan kehilangan ganjaran mereka. Selain itu, Lelongan Bayesian ini menggunakan sebuah skim yang dikenali sebagai “skim ganjaran pemenang ambang”. Di mana menurut skim ini, hanya pengguna yang menang akan dibayar untuk melaksanakan tugas penderiaan dan tidak ada peruntukan akan dikeluarkan untuk pengguna yang ditolak. Akhir sekali, sub-mekanisma ini mendatangkan keuntungan dan

melahirkan rasional individu kerana ianya menjamin utiliti bukan-negatif untuk pembangun sistem dan juga pengguna.

Seterusnya adalah Lelongan dimeterai_bidaan dan permainan *Stackelberg*. Kedua-dua sub-mekanisma ini pula dibangunkan adalah untuk menarik lebih banyak pengguna dan juga untuk mengurangkan ganjaran yang diberikan kepada pengguna (Yang et al., 2012). Dua senario ganjaran pelengkap dicadangkan iaitu skim berpusatkan pengguna (*User-Centric*) dan skim berpusatkan platform (*Platform-Centric*) (Yang et al., 2012). Di dalam skim “*User-Centric*”, lelongan terbalik (reverse auction) digunakan bagi mentakrifkan hasil sebagaimana yang ditunjukkan dalam rajah 3. Manakala, bagi skim “*Platform-Centric*”, masalah *crowdsensing* dirumuskan sebagai permainan *Stackelberg*.



Rajah 3: Lelongan Terbalik (*Reverse Auction*)

Kedua-dua sub-mekanisma tersebut juga menggunakan “skim ganjaran pemenang ambang”, di mana hanya pengguna yang menang akan dibayar untuk melaksanakan tugas penderiaan dan tiada peruntukan akan dikeluarkan untuk pengguna yang ditolak.

Lelongan *Vickrey* pula dibangunkan adalah bertujuan untuk menentukan kualiti data yang terjamin, lengkap dan mempunyai struktur yang kukuh (Xu et al., 2015). Lelongan ini menggunakan skim bayaran tanggungan caruman bagi meminimumkan jumlah nilai ganjaran yang diberikan kepada pengguna *crowdsensing*. Melalui lelongan *Vickrey* ini, setiap pengguna dibayar berdasarkan perbezaan jumlah kos antara pengguna. Mekanisma ini menjamin bahawa pengguna tidak boleh menaikkan ganjaran mereka dengan menyerahkan bida atau data yang mengelirukan bagi tugas *crowdsensing*.

Sub-mekanisma seterusnya adalah lelongan semua-bayar. Sub-mekanisma ini telah dibangunkan pada tahun 2016 dan bertujuan untuk menarik lebih banyak pengguna dan untuk mengurangkan ganjaran (utiliti perkhidmatan). Bagi lelongan ini, pengguna perlu menerima bayaran tertentu yang diberikan oleh pihak pembangun sistem walaupun kurang daripada yang sepatutnya diterima, daripada mereka tidak menerima apa-apa ganjaran langsung (Luo et al. 2016). Lelongan ini menggunakan skim bayaran tanggungan caruman semua, dimana pengguna *crowdsensing* tidak perlu menyerahkan bida mereka pada permulaan lelongan. Walau bagaimanapun, hasilnya akan dikira berdasarkan sumbangan yang diberikan oleh pengguna selepas menyelesaikan tugas *crowdsensing*.

*Isu-Isu Dalam Pelaksanaan Pendekatan Crowdsensing***Jadual 4: Isu-Isu Dalam Pelaksanaan Crowdsensing**

Sub-mekanisma	Konsep	ID Makalah
Privasi dan integriti data	- Data disalah gunakan - Struktur data tidak kukuh	S7
Pengumpulan data	- Data kurang berkualiti dan tidak jelas	S8
Pertindihan data	- Data bertindih	S9
Penggunaan tenaga	- Menggunakan tenaga yang tinggi	S1, S11

Berdasarkan jadual 4, terdapat beberapa isu yang timbul dalam pelaksanaan pendekatan *crowdsensing*. Isu-isu tersebut terbahagi kepada 3 kategori iaitu:

Privasi Dan Integriti Data

Risiko privasi adalah isu yang penting kepada pengguna. Masyarakat ataupun pengguna takut untuk berkongsi data mereka kepada mana-mana pihak kerana bimbang privasi data mereka tidak terjaga dengan selamat. Kebanyakan pengguna ingin mengawal siapa yang mempunyai akses kepada data mereka. Menurut Krontiris et al. (2010), pengguna tidak gemar untuk berkongsi tentang usia, maklumat kesihatan dan juga lokasi semasa mereka kepada pihak lain kerana bimbang data mereka disalahgunakan oleh pihak yang tidak bertanggungjawab serta bimbang diserang oleh orang yang berniat tidak baik. Hal demikian memberi kesan ke atas penerimaan dan penggunaan teknologi *crowdsensing* ini.

Kualiti Data

Crowdsensing merupakan satu sistem terbuka yang membolehkan sesiapa sahaja mengambil bahagian dalam aktiviti *crowdsensing*. Menurut Huang et al. (2010), sistem yang sangat terbuka boleh menyebabkan sistem itu sendiri terdedah kepada penipuan ataupun penyelewengan. Semasa proses pengumpulan data, ada sesetengah pihak yang tidak bertanggungjawab cuba mengambil kesempatan untuk menipu data yang diberikan dalam aktiviti *crowdsensing*, sekaligus mewujudkan data palsu yang tidak jelas dan kurang berkualiti. Data yang diperolehi dari pengguna yang menipu adalah tidak relevan dan sangat diragui.

Pertindihan Data

Dalam pendekatan *crowdsensing*, penglibatan pengguna yang maksima adalah lebih baik bagi meningkatkan kualiti data tetapi ia mampu menyebabkan berlakunya pertindihan ataupun pengulangan data yang sama. Menurut Liu et al. (2015), mengumpul data daripada pengguna

yang diperuntukkan bersama boleh menyebabkan berlakunya data bertindih sekaligus menjurus kepada penggunaan tenaga, rangkaian jalur lebar dan ruang storan yang tinggi.

Penggunaan Tenaga

Pertindihan data yang berlaku semasa proses pengumpulan data menyebabkan penggunaan tenaga yang tinggi. Menurut Gendy et al. (2020), penggunaan tenaga adalah merupakan di antara cabaran utama dalam melaksanakan pendekatan *crowdsensing* di mana ia menjadi kebimbangan kepada pengguna dan pembangun sistem. Penggunaan tenaga perlu dikurangkan bagi menggalakkan penglibatan pengguna dalam aktiviti *crowdsensing* (Sleem et al., 2021).

Batasan Kajian

Pencarian kajian tinjauan lepas selalunya dilakukan dalam tempoh di dalam lingkungan 5-10 tahun yang lepas (Cronin et al, 2008). Bilangan tahun adalah bergantung kepada jumlah maklumat yang ditemui. Di dalam ulasan kajian tinjauan sistematik ini, proses pencarian artikel kajian tinjauan lepas adalah melebihi 10 tahun iaitu dalam lingkungan bermula pada tahun 2008 hingga 2022 kerana ingin memastikan hasil dapatan kajian yang diperolehi adalah memuaskan kerana tidak banyak maklumat yang berkaitan dijumpai jika tempoh kajian singkat. Pada awalnya, pencarian artikel bermula pada tahun 2016. Namun, didapati tidak banyak kajian yang menepati kriteria pecahan maklumat yang diperlukan. Selain itu, pemilihan artikel adalah berasaskan capaian terbuka, dan artikel berbayar tidak dimasukkan dalam kajian ini. Hal ini menyebabkan artikel yang berkaitan dengan ruang lingkup kajian tinjauan sistematik ini tidak dapat dibahas bersama, sekaligus menyebabkan dapatan yang mungkin berguna tidak disertakan di dalam hasil kajian.

Cadangan Kajian Akan Datang

Sorotan kajian ini membuktikan bahawa teknologi *crowdsensing* sangat membantu dalam proses pengumpulan data secara menyeluruh. Namun, terdapat beberapa isu yang timbul semasa pelaksanaan pendekatan *crowdsensing* ini. Kajian akan datang perlu mengambil kira isu-isu yang timbul dengan mewujudkan satu mekanisme baru bagi mengatasi isu tersebut ataupun membuat penambahbaikan terhadap mekanisme sedia ada bagi meningkatkan pengalaman pengguna dalam penggunaan *crowdsensing*.

Daripada kajian yang telah dijalankan, didapati tiada satu pun kajian yang membuktikan tahap kecemerlangan mekanisme sedia ada yang telah dibangunkan. Justeru, amatlah penting untuk dilakukan perbandingan dan penambahbaikan ke atas mekanisme sedia ada ataupun membangunkan satu mekanisme baru bagi mengatasi segala isu yang timbul dalam pelaksanaan pendekatan *crowdsensing*.

Kajian akan datang yang boleh dilakukan adalah dengan mewujudkan satu indikator penilaian yang lebih baik yang boleh menjamin kualiti data yang dikumpulkan daripada pengguna tanpa berlakunya pertindihan data dan juga isu-isu lain yang berkaitan dengan proses pengumpulan data dalam *crowdsensing*.

Penutup

Berdasarkan tinjauan kertas kajian lepas, mekanisme sedia ada dalam proses pengumpulan data menggunakan pendekatan *crowdsensing* perlu dibuat penambahbaikan bagi menarik minat dan kepercayaan pengguna untuk terus mengambil bahagian dalam aktiviti yang melibatkan penggunaan *crowdsensing* ini. Antara perkara yang perlu diteliti adalah isu yang

berkaitan dengan privasi dan integriti data, kualiti data, pertindihan data dan juga penggunaan tenaga. Terdapat juga mekanisma yang tidak sesuai digunakan kerana ia membebankan pengguna yang perlu mengeluarkan kos sendiri untuk terlibat sama dalam penyertaan aplikasi yang melibatkan proses *crowdsensing*. Proses pengumpulan data juga perlu dilakukan penambahbaikan dengan menyaring semua data yang telah dikumpulkan sebelum dikongsikan.

Penghargaan

Kajian ini adalah di bawah tajaan Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM), Geran Translasi UKM (TR-UKM) - UKM-TR-023.

Rujukan

- Alamsyah, A., Arya Saputra, M. A., & Masrury, R. A. (2019). Object Detection Using Convolutional Neural Network to Identify Popular Fashion Product. *Journal of Physics: Conference Series*, 1192, 012040.
- Alsheikh, M. A., Jiao, Y., Niyato, D., Wang, P., Leong, D., & Han, Z. (2017). The accuracy-privacy trade-off of mobile crowdsensing. *IEEE Communications Magazine*, 55(6), 132-139.
- Cameron, L. (2018, January 11). As Crowdsensing Risks Exposing your Private Information, Researchers Work to Hide it with Encryption, Cloaking, and Facial Blurring. *HuffPost*. <https://www.computer.org/publications/tech-news/research/crowdsensing-multimedia-data-security-and-privacy-issues>.
- Cao, N., Brahma, S., & Varshney, P. K. (2015). Target tracking via crowdsourcing: A mechanism design approach. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 63(6), 1464-1476.
- Cao, Nianxia; Brahma, Swastik; Geng, Baocheng; Varshney, Pramod K. (2019). Optimal Auction Design with Quantized Bids for Target Tracking via Crowdsensing. *IEEE Transactions on Computational Social Systems*, (), 1-11.
- Chen, Y., Chen, H., Yang, S., Gao, X., & Wu, F. (2017, June). Jump-start crowdsensing: A three-layer incentive framework for mobile crowdsensing. In *2017 IEEE/ACM 25th International Symposium on Quality of Service (IWQoS)* (pp. 1-6). IEEE.
- Cronin, Patricia; Ryan, Frances; Coughlan, Michael (2008). *Undertaking a literature review: a step-by-step approach*. *British Journal of Nursing*, 17(1), 38-43.
- Dutta, P., Aoki, P. M., Kumar, N., Mainwaring, A., Myers, C., Willett, W., & Woodruff, A. (2009, November). Common sense: participatory urban sensing using a network of handheld air quality monitors. In *Proceedings of the 7th ACM conference on embedded networked sensor systems* (pp. 349-350).
- Eisenman, S. B., Miluzzo, E., Lane, N. D., Peterson, R. A., Ahn, G. S., & Campbell, A. T. (2010). BikeNet: A mobile sensing system for cyclist experience mapping. *ACM Transactions on Sensor Networks (TOSN)*, 6(1), 1-39.
- Ganti, R. K., Ye, F., & Lei, H. (2011). Mobile crowdsensing: current state and future challenges. *IEEE communications Magazine*, 49(11), 32-39.
- Gendy, M. E. G., Al-Kabbany, A., & Badran, E. F. (2020). Green *CrowdSensing* with Comprehensive Reputation Awareness and Predictive Device-Application Matching Using a New Real-Life Dataset. *IEEE Access*, 8, 225757-225776.
- Huang, K. L., Kanhere, S. S., & Hu, W. (2010, October). Are you contributing trustworthy data? The case for a reputation system in participatory sensing. In *Proceedings of the 13th ACM international conference on Modeling, analysis, and simulation of wireless and mobile systems* (pp. 14-22).

- Khan, W. Z., Xiang, Y., Aalsalem, M. Y., & Arshad, Q. (2012). Mobile phone sensing systems: A survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 15(1), 402-427.
- Kim, K., Zabihi, H., Kim, H., & Lee, U. (2017). TrailSense: A crowdsensing system for detecting risky mountain trail segments with walking pattern analysis. *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, 1(3), 1-31.
- Kim, S., Robson, C., Zimmerman, T., Pierce, J., & Haber, E. M. (2011, May). Creek watch: pairing usefulness and usability for successful citizen science. In *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems* (pp. 2125-2134).
- Krontiris, I., Freiling, F. C., & Dimitriou, T. (2010). Location privacy in urban sensing networks: research challenges and directions [security and privacy in emerging wireless networks]. *IEEE Wireless Communications*, 17(5), 30-35.
- Lee, J. S., & Hoh, B. (2010). Dynamic pricing incentive for participatory sensing. *Pervasive and Mobile Computing*, 6(6), 693-708.
- Li, H., Ota, K., & Dong, M. (2019). Deep reinforcement scheduling for mobile crowdsensing in fog computing. *ACM Transactions on Internet Technology (TOIT)*, 19(2), 1-18.
- Liu, Chi Harold; Zhang, Bo; Su, Xin; Ma, Jian; Wang, Wendong; Leung, Kin K. (2015). *Energy-Aware Participant Selection for Smartphone-Enabled Mobile Crowd Sensing. IEEE Systems Journal*, (), 1-12.
- Liu, J., Shen, H., Narman, H. S., Chung, W., & Lin, Z. (2018). A survey of mobile crowdsensing techniques: A critical component for the internet of things. *ACM Transactions on Cyber-Physical Systems*, 2(3), 1-26.
- Liu, Y., Yu, Z., Guo, B., Han, Q., Su, J., & Liao, J. (2020). CrowdOS: A ubiquitous operating system for crowdsourcing and mobile crowd sensing. *IEEE Transactions on Mobile Computing*.
- Liu, Y., Zhao, Y., Chen, L., Pei, J., & Han, J. (2011). Mining frequent trajectory patterns for activity monitoring using radio frequency tag arrays. *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, 23(11), 2138-2149.
- Liu, Yunhao; Zhao, Yiyang; Chen, Lei; Pei, Jian; Han, Jinsong (2012). Mining Frequent Trajectory Patterns for Activity Monitoring Using Radio Frequency Tag Arrays. *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, 23(11), 2138-2149. doi:10.1109/tpds.2011.307
- Liu, Z., Li, K., Zhou, X., Zhu, N., & Li, K. (2020). Incentive Mechanisms for Crowdsensing: Motivating Users to Preprocess Data for the Crowdsourcer. *ACM Transactions on Sensor Networks (TOSN)*, 16(4), 1-24.
- Luo, Tie; Das, Sajal K.; Tan, Hwee Pink; Xia, Lirong (2016). *Incentive Mechanism Design for Crowdsourcing. ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology*, 7(3), 1-26.
- Maisonneuve, N., Stevens, M., Niessen, M. E., & Steels, L. (2009). NoiseTube: Measuring and mapping noise pollution with mobile phones. In *Information technologies in environmental engineering* (pp. 215-228). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Mohan, P., Padmanabhan, V. N., & Ramjee, R. (2008, November). Nericell: rich monitoring of road and traffic conditions using mobile smartphones. In *Proceedings of the 6th ACM conference on Embedded network sensor systems* (pp. 323-336).
- Mun, M., Reddy, S., Shilton, K., Yau, N., Burke, J., Estrin, D., ... & Boda, P. (2009, June). PEIR, the personal environmental impact report, as a platform for participatory sensing systems research. In *Proceedings of the 7th international conference on Mobile systems, applications, and services* (pp. 55-68).
- Nandagopal, C., & Ramesh, S. M. (2018). Mobile Crowd Sending in Traffic Monitoring. *Indian Journal of Science and Technology*, 11(18).

- Ogie, R. I. (2016). Adopting incentive mechanisms for large-scale participation in mobile crowdsensing: from literature review to a conceptual framework. *Human-centric computing and information sciences*, 6(1), 1-31.
- Peng, T., Guan, K., & Liu, J. (2022). A Privacy-Preserving Mobile Crowdsensing Scheme Based on Blockchain and Trusted Execution Environment. *IEICE Transactions on Information and Systems*, 105(2), 215-226.
- Pu, L., Chen, X., Mao, G., Xie, Q., & Xu, J. (2018). Chimera: An energy-efficient and deadline-aware hybrid edge computing framework for vehicular crowdsensing applications. *IEEE Internet of Things Journal*, 6(1), 84-99.
- Rana, R. K., Chou, C. T., Kanhere, S., Bulusu, N., & Hu, W. (2009, November). Ear-Phone assessment of noise pollution with mobile phones. In *Proceedings of the 7th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems* (pp. 395-396).
- Reddy, S., Parker, A., Hyman, J., Burke, J., Estrin, D., & Hansen, M. (2007, June). Image browsing, processing, and clustering for participatory sensing: lessons from a dietsense prototype. In *Proceedings of the 4th workshop on Embedded networked sensors* (pp. 13-17).
- Ren, J., Zhang, Y., Zhang, K., & Shen, X. S. (2015). SACRM: Social aware crowdsourcing with reputation management in mobile sensing. *Computer Communications*, 65, 55-65.
- Sleem, R., Mekky, N., El-Sappagh, S., Alarabi, L., Hikal, N. A., & Elmogy, M. (2022). Enhancing Task Assignment in Crowdsensing Systems Based on Sensing Intervals and Location. *CMC-COMPUTERS MATERIALS & CONTINUA*, 71(3), 5619-5638.
- Sherchan, W., Jayaraman, P. P., Krishnaswamy, S., Zaslavsky, A., Loke, S., & Sinha, A. (2012, July). Using on-the-move mining for mobile crowdsensing. In *2012 IEEE 13th International Conference on Mobile Data Management* (pp. 115-124). IEEE.
- Song, C., Cheng, J., & Feng, W. (2017). A crowdsensing-based real-time system for finger interactions in intelligent transport system. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2017.
- Thiagarajan, A., Ravindranath, L., LaCurts, K., Madden, S., Balakrishnan, H., Toledo, S., & Eriksson, J. (2009, November). Vtrack: accurate, energy-aware road traffic delay estimation using mobile phones. In *Proceedings of the 7th ACM conference on embedded networked sensor systems* (pp. 85-98).
- Tuite, K., Snavely, N., Hsiao, D. Y., Tabing, N., & Popovic, Z. (2011, May). Photocity: training experts at large-scale image acquisition through a competitive game. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1383-1392).
- Wang, L., Yu, Z., Yang, D., Ku, T., Guo, B., & Ma, H. (2019). Collaborative mobile crowdsensing in opportunistic D2D networks: A graph-based approach. *ACM Transactions on Sensor Networks (TOSN)*, 15(3), 1-30.
- Wang, X. O., Cheng, W., Mohapatra, P., & Abdelzaher, T. (2013, April). Artsense: Anonymous reputation and trust in participatory sensing. In *2013 Proceedings IEEE INFOCOM* (pp. 2517-2525). IEEE.
- Xu, Jia; Xiang, Jinxin; Yang, Dejun (2015). Incentive Mechanisms for Time Window Dependent Tasks in Mobile Crowdsensing. *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 14(11), 6353-6364.
- Yang, D., Xue, G., Fang, X., & Tang, J. (2012, August). Crowdsourcing to smartphones: Incentive mechanism design for mobile phone sensing. In *Proceedings of the 18th annual international conference on Mobile computing and networking* (pp. 173-184).

- Yang, Z., Wu, C., & Liu, Y. (2012, August). Locating in fingerprint space: wireless indoor localization with little human intervention. In *Proceedings of the 18th annual international conference on Mobile computing and networking* (pp. 269-280).
- Zhou, P., Zheng, Y., & Li, M. (2012, June). How long to wait? Predicting bus arrival time with mobile phone based participatory sensing. In *Proceedings of the 10th international conference on Mobile systems, applications, and services* (pp. 379-392).