

RESPONS GURU SEKOLAH DASAR TERHADAP PENGENALAN INTERNET OF THINGS UNTUK PEMBELAJARAN STEM

Jap Tji Beng^{1*)}, Mirabella², Nina Perlita², Mei Ie³, Alivia Fitriani Amanto¹, Desella Chandra¹, Sri Tiatri²

¹ Fakultas Psikologi Universitas Tarumanagara, Jakarta

^{*)} Email: t.jap@untar.ac.id

² Fakultas Psikologi, Universitas Tarumanagara, Jakarta

³ Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Tarumanagara, Jakarta

ABSTRACT

Internet of Things (IoT)-based STEM learning is one of the technologies that will be used in the future. As the next generation, elementary level students need to understand the basics of using IoT. Elementary school teachers are also expected to have knowledge on IoT in order to educate their students. This study aims to describe elementary school teachers' response to the introduction of the Internet of Things for science learning. The research was conducted using a qualitative participatory ethnography method. Researchers of this study consist of lecturers and students participating in Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) research internship and the research participants were the Principal and 17 Elementary School Teachers in Kota S, Central Java. The research resulted in three findings: (a) Principals and Elementary School Teachers responded positively to the introduction of IoT, (b) Principals and teachers have not implemented the introduction of IoT in learning in elementary schools, (c) The introduction of IoT can be used as one of the compilers of Best Practice for the teachers. The results of the study can be used as an initial description for designing IoT-based STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) learning for elementary school students in the future.

Keywords: *Internet of Things; STEM; Teacher; Students; Elementary School*

ABSTRAK

Murid Sekolah Dasar sebagai Generasi Mendatang, perlu menguasai STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*). Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mencapai penguasaan itu adalah pembelajaran STEM melalui pembelajaran *Internet of Things* (IoT). Penguasaan IoT juga akan bermanfaat bagi para siswa di masa yang akan datang. Langkah awal dalam mencapai penguasaan STEM dan IoT adalah melalui program pengenalan STEM dan IoT kepada Para Kepala Sekolah dan Guru. Dosen perguruan tinggi yang telah menguasai STEM dan IoT perlu mengkaji beragam metode untuk memastikan Guru Sekolah Dasar memiliki pengetahuan mengenai pembelajaran STEM menggunakan IoT, sebelum mengajarkannya kepada murid. Penelitian ini bertujuan untuk menggambarkan respons guru Sekolah Dasar terhadap Pengenalan IoT untuk pembelajaran STEM. Penelitian dilaksanakan dengan metode kualitatif *qualitative descriptive*. Peneliti terdiri atas dosen dan mahasiswa peserta Kegiatan Penelitian Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM), sedangkan partisipan penelitian ini adalah Kepala Sekolah dan 17 Guru Sekolah Dasar di Kota S, Jawa Tengah. Penelitian menghasilkan tiga temuan: (a) Kepala Sekolah dan Guru Sekolah Dasar berespons positif terhadap pengenalan IoT untuk Pembelajaran STEM, (b) Kepala Sekolah dan Guru belum menerapkan pengenalan IoT dalam pembelajaran di SD, (c) Pengenalan IoT dapat digunakan sebagai salah satu penyusunan *Best Practice* bagi para guru. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai gambaran awal untuk tindak lanjut berupa perancangan pembelajaran STEM berbasis IoT bagi siswa Sekolah Dasar.

Kata Kunci: *Internet of Things; STEM; Guru; Siswa; Sekolah Dasar*

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Keterampilan dalam pembelajaran *Science, Technology, Engineering and Mathematics* (STEM) sangat penting dimiliki siswa agar dapat berhasil di lingkungan sekitar, industri kontemporer, dan masyarakat. Hal tersebut karena STEM mengajarkan kemampuan dalam penyelidikan ilmiah, analisis, kerjasama, argumentasi, pemikiran kritis, penyelesaian masalah, inovasi,

keberagaman, serta literasi teknologi dan saintifik (Akiri, et al., 2021). Kemampuan-kemampuan itu sangat perlu dikembangkan di lingkungan pendidikan sejak dini, termasuk Sekolah Dasar.

Salah satu kunci untuk meningkatkan pembelajaran STEM pada siswa adalah perkembangan profesionalitas guru, dan perubahan kurikulum (Lynch, et al., 2019). Perkembangan profesionalitas guru merujuk pada peningkatan pengetahuan dan kemampuan guru, sedangkan perubahan kurikulum mengacu pada cakupan kedalaman konten materi yang diberikan kepada siswa. Berdasarkan penelitian Lynch et al. (2019), perkembangan profesionalitas perlu difokuskan pada kurikulum baru agar guru lebih memahami arah perkembangan mereka.

Berdasarkan pemikiran di atas, para guru perlu diberi kesempatan untuk mempelajari konten dan kurikulum baru dengan cara yang dapat membangun motivasi belajar para guru. Tak hanya dari segi perkembangan diri guru, kesuksesan pengajaran STEM juga dapat dipengaruhi kemampuan guru dalam menggunakan teknologi dalam pembelajaran. Penelitian Chai, et al. (2019) menunjukkan bahwa efikasi guru dalam mengintegrasikan teknologi ke dalam subjek STEM dapat memprediksi efikasi pengajaran STEM integratif yang lebih baik.

Salah satu alat yang dapat digunakan dalam memasukkan teknologi ke dalam pembelajaran STEM adalah IoT. *Internet of Things* (IoT) merupakan suatu sistem yang dapat beroperasi secara mandiri, dan dapat terus belajar dan berkembang melalui pembelajaran mesin (Greengard, 2021). *Internet of Things* adalah suatu paradigma baru yang memungkinkan komunikasi antara perangkat elektronik dan sensor melalui internet dalam memfasilitasi kehidupan kita dengan menggunakan perangkat pintar dan internet dalam memberikan solusi inovatif atas berbagai tantangan dan masalah yang terkait dengan berbagai bisnis, industri pemerintah dan publik atau swasta di seluruh dunia (Sfar et al., 2017). *Internet of Things* dapat mengenali pola dan memprediksi sesuatu yang bersifat kompleks untuk dipahami oleh otak dan indera manusia, seperti kondisi sebuah jalan atau jembatan, atau fisik dari sebuah atmosfer (Greengard, 2021).

Dalam konteks pendidikan telah diusulkan penggunaan teknologi seperti perangkat IoT dalam pembelajaran di dalam maupun luar sekolah untuk pendidikan anak dan remaja (Ito et al., 2015). Studi yang dilakukan oleh Föbl et al., (2016), menunjukkan bahwa pendekatan pendidikan dengan menggunakan teknologi dapat memberikan kesempatan untuk siswa dalam mengembangkan strategi pembelajaran secara mandiri. Penggunaan IoT dalam kurikulum pembelajaran STEM dapat meningkatkan sikap kompetitif pada siswa, memastikan pembelajaran yang sejalan dengan perkembangan industri saat ini, dan meningkatkan minat dan kesuksesan siswa dalam pembelajaran (He et al., 2016).

Penggunaan IoT untuk pembelajaran STEM secara spesifik di tingkat Sekolah Dasar sudah diterapkan di banyak negara, beberapa di antaranya dilaksanakan di Singapura, Amerika, dan United Kingdom (UK). Penelitian Davies, et al. (2020) di Singapura, menunjukkan potensi IoT untuk meningkatkan pendidikan Sekolah Dasar di bidang sains dan geografi dengan menggunakan IoT dan sensor lokal. Hal ini dilaksanakan dengan instalasi dan aktivasi teknologi *data-log* (stasiun cuaca dengan sekumpulan sensor) yang terhubung dengan situs internet dan sekolah-sekolah yang berpartisipasi. Dalam hasil penelitiannya, siswa terlihat berpartisipasi aktif dalam pembelajaran, menunjukkan *engagement* kognitif yang aktif, dan menunjukkan sifat menyadari dan tanggung jawab terhadap pembelajaran mereka. Selain itu, suasana ruang kelas juga dikarakteristikkan dengan keterbukaan akan kesempatan baru serta dukungan pada opini dan argumen yang berbeda.

Selain penelitian Davies et al. (2020), ada pula penelitian Willner-Giwerc, et al. (2020) di Amerika yang menciptakan desain platform sistem IoT untuk memungkinkan siswa SD dalam mempelajari IoT dengan membangun produk yang pintar dan saling terkoneksi milik mereka sendiri. Hasil penelitian menunjukkan sistem yang digunakan sudah cukup memadai untuk

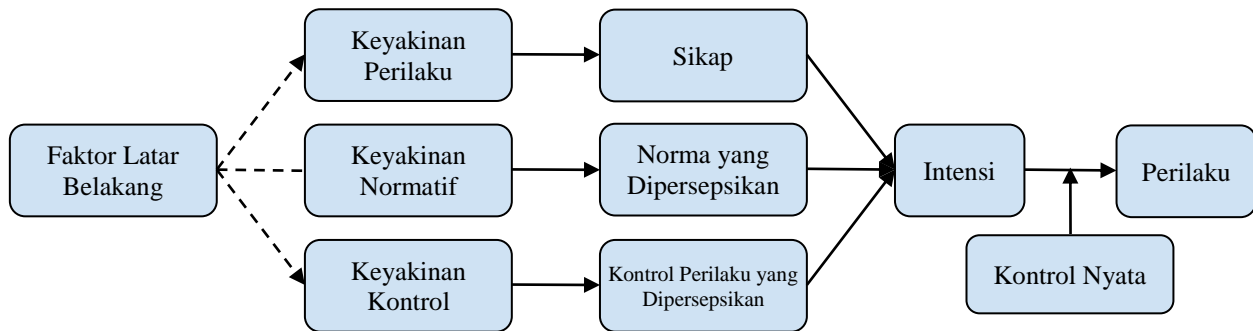
digunakan siswa SD. Selain itu ditemukan pula pentingnya pengembangan kurikulum yang berpusat pada sistem dan konsep IoT dalam mengintegrasikan teknologi ke dalam pembelajaran. Contoh penelitian ketiga mengenai penggunaan IoT dalam pembelajaran dilaksanakan di negara UK oleh Chin dan Callaghan (2013). Mereka mengkaji penerapan IoT dalam pembelajaran ilmu komputer dan pembuatan program komputer dengan paradigma *Pervasive interactive Programming (PiP)*. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa metode yang digunakan menunjukkan potensi yang baik untuk mengenalkan siswa pada *programming* lewat cara yang simpel dan cukup memotivasi.

Sementara itu, di Indonesia sendiri, pemanfaatan IoT dalam pembelajaran STEM di Sekolah Dasar umumnya menggunakan pemahaman konsep, kemampuan memecahkan masalah, keterampilan literasi sains, keterampilan berpikir kreatif, dan keterampilan berpikir kritis (Taqwal et al., 2020). Penerapan pendidikan STEM secara terintegrasi di Indonesia masih belum banyak dilakukan. Selain itu, diperlukan peningkatan kemampuan guru dalam mengajar STEM. Hasil penelitian mengenai sistem pendidikan di Indonesia menunjukkan bahwa guru perlu memiliki pengetahuan yang memadai mengenai pembelajaran STEM, agar mampu menumbuhkan keterampilan abad ke-21 serta menciptakan masyarakat yang mampu bersaing secara global (Nugroho et al., 2019).

Salah satu upaya awal dari seluruh proses pembelajaran STEM menggunakan IoT adalah dengan memastikan bahwa guru memiliki sikap positif terhadap pembelajaran STEM yang menggunakan IoT. Peneliti menyusun program yang memungkinkan guru memahami dan dapat menggunakan IoT untuk pembelajaran STEM. Program tersebut dilaksanakan, dan peneliti melakukan kajian mengenai respons guru terhadap ide yang relatif baru tersebut, yaitu IoT untuk pembelajaran STEM. Pengkajian terhadap respon dapat dilakukan dengan berbagai pendekatan, salah satunya adalah dengan pendekatan *reasoned action* yang dikemukakan Fishbein dan Ajzen (2009).

Mengacu pada pendekatan *reasoned action* (Fishbein & Ajzen, 2009), respons perilaku yang ditampilkan para guru diasumsikan mengikuti hukum yang masuk akal dan berlangsung spontan berdasarkan informasi atau keyakinan individu mengenai perilaku mereka. Keyakinan-keyakinan ini bisa berasal dari pengalaman pribadi, pendidikan formal, media massa dan media sosial, serta interaksi dengan keluarga dan teman-teman. Keyakinan pertama merupakan keyakinan perilaku yang berisi pikiran mengenai konsekuensi positif atau negatif dari tindakan mereka. Keyakinan perilaku tersebut dikatakan menentukan sikap mereka pada tindakan mereka sendiri. Keyakinan yang kedua adalah keyakinan normatif yang berisi pikiran apakah orang-orang di sekitarnya akan menyetujui tindakannya atau tidak. Keyakinan normatif tersebut kemudian menghasilkan norma yang dipersepsikan, yang merupakan tekanan sosial yang dirasa untuk bertindak atau tidak. Terakhir ada pula keyakinan kontrol yang meliputi keyakinan faktor pribadi dan lingkungan yang bisa membantu atau menghambat percobaan mereka untuk bertindak. Keyakinan kontrol ini lalu dapat menghasilkan kontrol perilaku yang dipersepsikan atau rasa efikasi diri terhadap perilaku atau tindakan mereka. Begitu sikap, norma yang dipersepsikan, dan kontrol perilaku yang dipersepsikan sudah terbentuk, barulah intensi dan perilaku dapat terbentuk.

Semakin tinggi nilai ketiga hal tersebut, semakin kuat intensi individu untuk bertindak. Semakin kuat intensi yang ada, semakin tinggi pula kesempatan individu akan menjalankan perilakunya. Namun pada kenyataannya, keberadaan penghambat lingkungan atau kurangnya keterampilan dan kemampuan dapat mencegah individu menjalankan intensi mereka. Oleh karena itu kontrol nyata terhadap performa perilaku dikatakan sebagai moderator pengaruh intensi terhadap perilaku. Pendekatan *reasoned action* yang telah dipaparkan di atas dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan hubungan teori *reasoned action* (disusun penulis berdasarkan uraian Fishbein & Ajzen, 2009).

Respons perilaku guru pada penelitian ini diukur berdasarkan tingkat *engagement* yang dapat diobservasi selama pengenalan IoT dilaksanakan. Untuk mengukur *engagement*, biasanya aspek kognitif, perilaku (fisik), dan afektif (emosional) diukur secara keseluruhan, namun seperti yang disampaikan Frensley, et al. (2020), pada kenyataannya aspek kognisi tidak dapat diamati dengan observasi. Melihat hal tersebut, aspek emosi dan aspek perilaku menjadi dua aspek yang lebih mudah diamati pada penelitian ini untuk menggambarkan *engagement*. Penelitian ini juga mengikuti enam butir yang dijabarkan pada Tabel 1. berisi butir-butir observasi yang dapat menentukan *engagement* negatif, *non-engagement*, atau *engagement* positif yang diadaptasi berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya.

Tabel 1. Indikator *engagement* negatif, non-, dan positif (Frensley, et al., 2020).

| <i>Engagement</i> negatif | <i>Non-engagement</i> | <i>Engagement</i> positif |
|--|---|--|
| <p>Disruption (mengganggu)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tidak bisa duduk diam • Menyentuh atau mengganggu murid lain/ orang dewasa • Berbicara di saat yang tidak pantas • Membuat suara tidak pantas yang tidak berhubungan dengan tugas • Mengganggu pembelajaran • Perilaku di luar tugas • Tidak mengikuti instruksi <p>Frustration (frustasi)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Menyuarakan frustasi • Mengernyit • Menangis • Berteriak • Ledakan kekerasan | <p>Detached (Mengasingkan Diri)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kurangnya atensi • Melihat-lihat sekeliling • Menatap ke arah lain • Perilaku yang menunjukkan perasaan gelisah • Tidak tertarik atau terdistraksi • Tidak menunjukkan emosi • Bosan | <p>Attention (Perhatian)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Menulis/ mencatat • Melafalkan dengan keras • Membicarakan pelajaran ketika ditanya • Perilaku terlibat dalam tugas • Mengikuti instruksi <p>Effort (Usaha)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Partisipasi aktif dalam seluruh aktivitas pembelajaran • Tekun dan gigih dalam menghadapi tantangan • Menyelesaikan aktivitas/ tugas <p>Enjoyment (Kegembiraan)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Menyuarakan kesenangan • Tersenyum • Tertawa • “ooh” dan “aah” • Bertepuk tangan |

Wu, et al. (2013) juga mendukung Frensley (2020) yang dalam penelitiannya yang mengobservasi *engagement* dari sisi perilaku dan emosional saja. Sisi emosional dijelaskan sebagai pengalaman emosional dari lingkungan pembelajaran. Dalam penelitiannya, *engagement* emosional positif dilihat dari keadaan emosi positif seperti antusiasme, ketertarikan, kesenangan, atau semangat peserta. Sedangkan pada sisi perilaku, indikator yang dapat diobservasi meliputi arah dan kegigihan pandangan mata, tingkat partisipasi, tingkat semangat dalam berbicara, ekspresi wajah, dan gestur serta postur badan.

Rumusan Masalah

Dengan demikian, rumusan masalah untuk penelitian ini adalah bagaimana respons guru sekolah dasar terhadap pengenalan *Internet of Things* untuk pembelajaran STEM.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan *qualitative descriptive*. Peneliti terdiri atas dosen dan mahasiswa peserta Merdeka Belajar Kampus Merdeka Penelitian (MBKM). Partisipan yang terlibat pada penelitian ini adalah Kepala Sekolah dan 17 Guru Sekolah Dasar di Kota S, Jawa Tengah. Pengumpulan data dilakukan melalui metode observasi dan wawancara.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menemukan 3 hal yaitu: (a) Kepala Sekolah dan Guru Sekolah Dasar belum menerapkan pengenalan IoT dalam pembelajaran, (b) Kepala Sekolah dan Guru Sekolah Dasar menunjukkan respons positif terhadap pengenalan IoT, dan (c) pengenalan IoT dapat digunakan sebagai salah satu penyusunan *best practice* bagi para guru.

Temuan pertama menunjukkan bahwa Kepala Sekolah dan Guru belum menerapkan pengenalan IoT dalam pembelajaran di SD. Istilah *Internet of Things* (IoT) masih terdengar asing oleh para guru di salah satu SDN kota S ini, sehingga dapat dikatakan bahwa guru masih belum mengetahui apa itu IoT dan bagaimana penerapannya dalam konteks pembelajaran murid. Guru menganggap IoT merupakan sebuah aplikasi yang dapat diunduh. Hal ini didukung oleh pernyataan dari salah satu Guru di kota S, yang berkata seperti berikut:

“Oh, saya tadi... saya taunya tadi *Internet of Things* itu aplikasi khusus.”

“Saya baru baru baru denger kan *Internet of Things*, jadi saya pikir di *play store* ada, kayak gitu.” Walaupun ekspresi wajah dari para guru tidak terlihat secara jelas karena tertutup oleh masker medis, namun tatapan mata dan gerakan alis mereka telah menunjukkan bahwa para guru belum pernah mendengar istilah IoT sebelumnya. Selain berdasarkan observasi, Kepala Sekolah juga menyampaikan secara langsung pada bagian pembukaan kepada ketua tim peneliti bahwa Sekolah ini belum pernah menerapkan implementasi IoT pada kurikulum pembelajaran. Beliau mengatakan bahwa konsep ini masih terkesan baru dan menarik untuk dilakukan.

Temuan kedua adalah, Kepala Sekolah dan Guru Sekolah Dasar menunjukkan respon yang positif mengenai pengenalan IoT. Berdasarkan hasil observasi dan wawancara yang telah dilakukan sebelumnya, *engagement* guru tampak terlihat positif berdasarkan emosi positif yang ditunjukkan para guru serta ketertarikan dan antusiasme yang ditunjukkan selama pengenalan IoT. Hasil observasi penelitian ini, peneliti sajikan dalam bentuk tabel di bawah yang mengacu pada tabel Frensley, et al. (2020). Walaupun penelitian sebelumnya menggunakan tabel untuk mengobservasi murid sekolah, peneliti merasa tabel *engagement* tersebut masih bisa diterapkan pada partisipan orang dewasa dalam konteks pembelajaran kelas sehingga masih baik untuk digunakan pada penelitian ini.

Tabel 2. Hasil data *engagement* peserta penelitian

| <i>Engagement</i> Negatif (0%) | <i>Non-Engagement</i> (17,65%) | <i>Engagement</i> Positif (82,35%) |
|--|--|---|
| Partisipan penelitian tidak menunjukkan tanda-tanda perilaku mengganggu (<i>disruption</i>) atau perilaku frustasi (<i>frustration</i>). | <i>Detached (Mengasingkan Diri)</i> <ul style="list-style-type: none"> ● Tidak menjawab/tidak menanggapi pertanyaan dari pembicara atau rekannya. ● Mengarahkan pandangan ke ponsel genggam beberapa kali sepanjang acara. ● Kurang responsif ketika ditanya sehingga pertanyaan perlu diulang. ● Postur badan kurang baik. ● Seringkali tampak melamun. | <i>Attention (Perhatian)</i> <ul style="list-style-type: none"> ● Tatapan mata tertuju pada pembicara. ● Postur badan mencondong ke pembicara. ● Berdiskusi pada rekan guru mengenai program pada saat yang sesuai. <i>Effort (Usaha)</i> <ul style="list-style-type: none"> ● Inisiatif mengajukan pertanyaan. ● Terlibat aktif sepanjang acara. <i>Enjoyment (Kegembiraan)</i> <ul style="list-style-type: none"> ● Tertawa. ● Mengekspresikan kegembiraan. ● Menyuarakan kekaguman (e.g. “oh”, “wah..”) |

Berdasarkan tabel observasi yang disajikan, diketahui ada 14 guru yang menunjukkan *engagement* positif dan tiga guru yang menunjukkan tidak adanya *engagement*. Dengan begitu, *engagement* guru dapat dikatakan sangat positif terhadap pengenalan IoT untuk pembelajaran STEM. Respons guru terhadap pembelajaran STEM melalui IoT adalah guru terlihat tertarik dalam menjalankan penelitian ini. Beberapa guru sudah mengetahui perkembangan teknologi, namun belum diterapkan secara maksimal kepada siswa. Guru memiliki sikap keterbukaan dalam mempelajari teknologi melalui media internet, pakar IT, dan sebagainya. Selain itu, Guru merasakan adanya manfaat dari penerapan teknologi kepada siswa SD, selain dapat mempermudah teknologi diharapkan dapat meningkatkan minat belajar STEM siswa.

Temuan ketiga penelitian ini adalah, pengenalan IoT dapat digunakan sebagai salah satu penyusunan *Best Practice* bagi para guru. Berdasarkan hasil dari beberapa penelitian, salah satu cara terbaik adalah dengan menerapkan *best practice* dalam upaya untuk memberikan saran praktis bagi pendidik (Haladyna et al., 2002; Moreno et al., 2006). Seperti yang disampaikan Kepala Sekolah ketika pertemuan pengenalan, praktik implementasi IoT pada kurikulum STEM dapat dijadikan sebagai pembelajaran bagi para pendidik. Hal ini didukung oleh pernyataan dari Kepala Sekolah di kota S, yang berkata seperti berikut:

“Untuk melaksanakan, untuk pengalaman juga. Bapak ibu juga bisa digunakan untuk *best practice*-nya. Sambil berjalan nanti *best practice*-nya, itu juga sama-sama jalan, boleh-boleh saja bapak ibu. Nanti ditugasi sama ibu T dan hasilnya kan, dan saat ini kami juga dituntut untuk membuat *best practice*, dan menjadi kebutuhan yang sangat penting bagi guru.”

Berdasarkan ketiga temuan tersebut, bisa dikatakan respons guru terhadap pengenalan IoT untuk pembelajaran STEM di Sekolah sangat baik. Dilihat dari respons *engagement* positif yang

dijabarkan sebelumnya, para guru tampak ingin belajar untuk meningkatkan perkembangan profesionalitasnya sebagai guru untuk menghadapi berbagai tantangan di era Industri 4.0 ini. Hasil penelitian yang positif ini sejalan dengan penelitian Morgado, et al. (2021) yang menunjukkan bahwa guru veteran (memiliki pengalaman mengajar lebih dari 20 tahun) sekalipun bisa menunjukkan ketertarikan tinggi untuk mempelajari teknologi untuk mendukung pembelajaran. Hal ini terbukti dari hasil observasi salah satu guru dengan pengalaman mengajar 16 tahun yang masih menunjukkan niat tinggi untuk memperhatikan acara pengenalan IoT dan implementasinya dalam pembelajaran. Dari hasil penelitian Morgado, et al. (2021) disampaikan pula pentingnya peran sekolah dalam menciptakan suasana yang nyaman dan aman untuk guru bereksperimentasi dengan teknologi dan mencetuskan pengalaman baru.

Hal ini tentunya sejalan dengan pandangan Kwok (2014) sebelumnya yang mengungkapkan pentingnya memperhatikan manajemen sekolah pada tingkat organisasi karena dapat memberi dampak pada tingkat personal para guru dan staf lain dalam proses penerimaan inovasi baru dalam pembelajaran. Selain manajemen sekolah ada dua faktor kontekstual lain yang ikut menyumbang pengaruh pada kekhawatiran guru pada inovasi yaitu sifat dari inovasi yang dilakukan dan budaya dari masyarakat. Hal-hal ini bisa menjelaskan tingginya persentase *engagement* guru di Sekolah Dasar tersebut. Melihat sifat Kepala Sekolah pada acara pengenalan, peneliti menilai bahwa sekolah sangat mendukung para guru untuk ikut terlibat dalam kegiatan penelitian dan berpikir kreatif serta inovatif dalam mengajar. Sifat dari inovasi IoT penelitian ini masih bisa dilaksanakan dengan mudah oleh para guru karena teknologi *bluetooth* dan ponsel pintar sudah beredar sejak lama di Indonesia, hanya saja teknologi sensor yang dikenalkan masih jarang ditemui dalam pembelajaran STEM Indonesia. Di sisi lain, budaya masyarakat Sekolah tersebut juga sudah menjunjung tinggi kegiatan botani, yang sesuai dengan IoT yang dikenalkan, mengingat Kota S memiliki mata pencaharian utama di bidang pertanian. Kemudian faktor-faktor kontekstual tersebut juga bisa memiliki dampak pada perasaan dan persepsi pribadi mengenai kegiatan inovasi.

Persepsi dan sikap pribadi guru terhadap teknologi juga dinyatakan Morgado, et al. (2021) dapat mempengaruhi kesediaan guru untuk mengimplementasi perubahan dalam pembelajaran. Hal tersebut mungkin bisa menjelaskan alasan tiga guru menunjukkan tidak adanya *engagement*. Mengikuti teori *reasoned action*, perilaku guru yang tidak *engaged* menggambarkan bahwa guru memiliki intensi tinggi untuk mengabaikan pengenalan IoT. Hal tersebut dipengaruhi oleh sikap dan persepsi pribadi yang sebelumnya dipengaruhi beberapa keyakinan pribadi. Oleh karena itu bisa dikatakan bahwa para guru yang tidak *engaged* memiliki persepsi dan sikap negatif terhadap implementasi IoT pada pembelajaran STEM. Dalam kasus guru veteran dalam penelitian Morgado, et al. (2021), hambatan yang ditemui muncul dalam perasaan lelah atau frustrasi untuk meneruskan perubahan yang dipaksakan. Selain itu para guru juga ditemukan ingin memisahkan teknologi dari pembelajaran karena menganggap lingkungan teknologi akan mendukung murid mengakses situs-situs berbahaya dan akhirnya menjauhkan mereka dari konten yang seharusnya mereka akses.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pemaparan hasil dan pembahasan di atas, dapat disimpulkan bahwa respons guru Sekolah Dasar terhadap pengenalan *Internet of Things* untuk pembelajaran STEM sangat positif dengan hasil persentase 82,35% guru menunjukkan respons *engagement* yang positif. Berdasarkan dari respon *engagement* positif tersebut, para guru terlihat antusias dalam meningkatkan perkembangan dalam hal profesionalitas sebagai guru untuk menghadapi berbagai tantangan khususnya pada era industri 4.0. Dengan demikian respons positif yang ditunjukkan

para guru juga dapat menggambarkan persepsi dan sikap yang positif dari para guru terhadap pengenalan *Internet of Things* (IoT).

Ucapan Terima Kasih (*Acknowledgement*)

Peneliti mengucapkan terima kasih atas dukungan pendanaan penelitian dari Direktorat Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi - Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi - Republik Indonesia; dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Tarumanagara. Ucapan terima kasih peneliti sampaikan kepada Kepala Sekolah dan Para Guru yang telah berpartisipasi dalam kegiatan pengambilan data. Peneliti juga menyampaikan rasa terima kasih kepada Ibu Mei Ie; Ibu Maitri W. Mutiara; Claudia Fiscarina; Citra Paramesti; Katherina Y. D. Mandey, Layla A. Ramadhani, Felicita Mauli; Ruth Stephanie; yang telah membantu proses pengambilan data di Kota S.

REFERENSI

- Akiri, E., Tor, H. M., & Dori, Y. J. (2021). Teaching and assessment methods: STEM teachers' perceptions and implementation. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 17(6), 1-22. <https://doi.org/10.29333/ejmste/10882>
- Arfiadi, Y. & Hadi, MNS. (2006). Continuous bounded controller for active control of structures. *Computers and Structures*, 84, 798-807.
- Chai, C. S., Jong, M. S.-Y., Yin, H.-b., Chen, M., & Zhou, W. (2019). Validating and modelling teachers' technological pedagogical content knowledge for integrative science, technology, engineering and mathematics education. *Journal of Educational Technology & Society*, 22(3), 61-73.
- Chin, J., & Callaghan, V. (2013). "Educational living labs: a novel internet-of-things based approach to teaching and research". 2013 9th International Conference on Intelligent Environments, Yunani, 16-17 Juli, 92-99. <https://doi.org/10.1109/IE.2013.48>
- Davies, D., Beauchamp, G., Davies, J., & Price, R. (2020). The potential of the 'Internet of Things' to enhance inquiry in Singapore schools. *Research in Science & Technological Education*, 38(4), 484-506. <https://doi.org/10.1080/02635143.2019.1629896>
- Fishbein, M., & Ajzen, I. (2009). Predicting and Changing Behavior: The Reasoned Action Approach (1st ed.). Psychology Press. <https://doi.org/10.4324/9780203838020>
- Föbl, T., Ebner, M., Schön, S., & Holzinger, A. (2016). A field study of a video supported seamless-learning-setting with elementary learners. *Journal of Educational Technology & Society*, 19(1), 321-336.
- Frensley, B. T., Stern, M. J., & Powell, R. B. (2020). Does student enthusiasm equal learning? The mismatch between observed and self-reported student engagement and environmental literacy outcomes in a residential setting. *The Journal of Environmental Education*, 51(6), 449-461. <https://doi.org/10.1080/00958964.2020.1727404>
- Greengard, S. (2021). The Internet of Things, revised and updated edition. *The MIT Press Essential Knowledge series*.
- Haladyna, T. M., Downing, S. M., & Rodriguez, M. C. (2002). A review of multiple-choice item-writing guidelines for classroom assessment. *Applied Measurement in Education*, 15, 309-333.
- He, J., Dan Chia-Tien Lo, Xie, Y., & Lartigue, J. (2016). "Integrating Internet of Things (IoT) into STEM undergraduate education: Case study of a modern technology infused courseware for embedded system course". 2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), Amerika, 12-15 Oktober, 1-9. <https://doi.org/10.1109/fie.2016.7757458>

- Ito, M., Soep, E., Kligler-Vilenchik, N., Shresthova, S., Gamber-Thompson, L., & Zimmerman, A. (2015). Learning connected civics: Narratives, practices, infrastructures. *Curriculum Inquiry*, 45(1), 10–29. <https://doi.org/10.1080/03626784.2014.995063>
- Kwok, P. W. (2014). The role of context in teachers' concerns about the implementation of an innovative curriculum. *Teaching and Teacher Education*, 38, 44-55. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2013.11.002>
- Lynch, K., Hill, H. C., Gonzalez, K., & Pollard, C. (2019). Strengthening STEM instruction in schools: Learning from research. *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences*, 6(2), 236–242. <https://doi.org/10.1177/2372732219864385>
- Moreno, R., Martínez, R. J., & Muniz, J. (2006). New guidelines for developing multiple-choice items. *Methodology*, 2, 65–72.
- Morgado, J. C., Lencastre, J. A., Freires, T., & Bento, M. (2021). Smart education as empowerment: outlining veteran teachers' training to promote digital migration. *Technology, Knowledge and Learning*, 26, 897–916. <https://doi.org/10.1007/s10758-021-09494-6>
- Nugroho, O. F., Permanasari, A. & Firman, H. (2019). The movement of stem education in Indonesia: Science teachers' perspectives. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia (JPPI)*, 8(3), 417-425. <https://doi.org/10.15294/jpii.v8i3.19252>
- Sarraf, M. & Bruneau, M. (1998). “Ductile seismic retrofit of steel deck-truss bridges, II: Design applications”. *J. Struct. Engrg.*, 124(11), 1263-1271.
- Sfar, A.R., Zied, C., & Challal, Y. A. (2017). “Systematic and cognitive vision for IoT security: a case study of military live simulation and security challenges”. 2017 International Conference on Smart, Monitored and Controlled Cities (SM2C), Tunisia, 17-19 Februari, 101-105. <https://doi.org/10.1109/sm2c.2017.8071828>
- Taqwal, M. R. A., Ardiansyah, A. A. & Nurhidayat, M. A. (2020). STEM on Science Learning in Indonesia: An Opportunity and A Challenge. *Indonesian Journal of Educational Research And Review*, 3(3), 160-170. <http://dx.doi.org/10.23887/ijerr.v3i3.27809>
- Willner-Giwerc, S., Rogers, C., & Wendell, K. (2020). The Symbiotics System: Designing an Internet of Things Platform for Elementary School Students. *International Journal of Designs for Learning*, 11(2), 64-79.
- Wu, X., Anderson, R. C., Nguyen-Jahiel, K., & Miller, B. (2013). Enhancing motivation and engagement through collaborative discussion. *Journal of Educational Psychology*, 105(3), 622–632. <https://doi.org/10.1037/a0032792>

(halaman kosong)