

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Guru memberikan kontribusi besar dalam menjamin tercapainya tujuan pendidikan, karena peran guru sebagai pendidik, motivator, pembimbing, innovator, dan pencetak generasi cerdas yang siap menghadapi tantangan masa depan (Mulyasa, 2021; Sutiawan, 2023). Hal ini menunjukkan bahwa guru harus memiliki kompetensi dalam melaksanakan perannya dengan baik. Berdasarkan peraturan UU No. 14 Tahun 2005 pasal 10 ayat (1) menyebutkan bahwa guru wajib memiliki empat komponen utama, diantaranya: kompetensi kepribadian, profesional, sosial, dan pedagogik (Nurtanto, 2016; Firmansyah & Aswita, 2019; Hamid, 2020). Pada komponen profesional dan pedagogik selebihnya dikembangkan oleh Lee Shulman pada tahun 1986 kedalam bentuk pengetahuan yang menggabungkan konten materi (*content knowledge*) dan strategi pengajaran (*pedagogical knowledge*) yang digabungkan menjadi konsep *Pedagogical Content Knowledge* (PCK). Pada konsep PCK memberikan penguatan bahwa seorang guru tidak hanya perlu memahami apa yang diajarkan, tetapi juga harus memahami bagaimana cara mengajarkannya dengan efektif (Koehler & Mishra, 2016).

Seiring dengan perkembangan era globalisasi, pada tahun 2006 Mishra dan Koehler menambahkan komponen *Technological Knowledge* (TK) ke dalam PCK yang kita sebut dengan TPACK. Mereka menyadari bahwa teknologi menjadi bagian penting dalam dunia pendidikan, sehingga guru perlu memiliki kemampuan untuk mengintegrasikan teknologi ke dalam pembelajaran dengan bijak. Delapan karakteristik utama TPACK yang harus dipahami guru diantaranya: 1) interaksi antara tiga dimensi pengetahuan yaitu konten, pedagogi dan teknologi; 2) fleksibilitas dalam pemilihan teknologi; 3) fokus pada pembelajaran siswa, 4) kolaborasi antara pengetahuan, pedagogi, dan teknologi; 5) peningkatan keterampilan digital; 6) kontekstualisasi teknologi dalam pendidikan; 7) kemampuan beradaptasi dan berinovasi; dan 8) pemecahan masalah (Miguel-Revilla dkk, 2020). Terdapat tujuh komponen yang membentuk TPACK, diantaranya: *Content Knowledge* (CK), *Pedagogical Knowledge* (PK),

Technological Knowledge (TK), *Pedagogical Content Knowledge (PCK)*, *Technological Content Knowledge (TCK)*, *Technological Pedagogical Knowledge (TPK)*, dan *Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)* (Mishra & Koehler, 2006). Kompetensi TPACK yang perlu dimiliki guru harus didasari dengan kompetensi lain, seperti literasi teknologi, kreativitas dan inovasi agar penggunaan teknologi yang digunakan menjadi tepat sasaran (Caena & Redecker, 2019; Reidei, 2021).

Kreativitas yang harus dimiliki guru dapat merujuk pada tiga indikator yaitu kelancaran (*fluency*), fleksibilitas (*flexibility*), dan orisinalitas (*originality*) (Weiss & Wilhelm, 2022). Kemampuan guru untuk menghasilkan ide dan solusi dalam permasalahan pembelajaran disebut dengan *fluency*. Kelancaran guru dalam mengajar berkaitan dengan beberapa aspek seperti kefasihan digital, kefasihan bahasa, dan kefasihan membaca (Fulgence, 2020). Kelancaran guru dalam memilih pendekatan pemecahan masalah yang lebih baik pada pembelajaran (Pérez-Jorge dkk, 2021). Kemampuan dalam mengembangkan aktivitas pembelajaran yang lebih menarik dan efektif memiliki hubungan erat dengan kelancaran dalam berpikir kreatif (Sternberg, 2010). Faktor lainnya pada kreativitas adalah fleksibilitas. Fleksibilitas merupakan kemampuan untuk menyesuaikan diri dengan berbagai situasi yang berbeda dan mengubah pendekatan atau strategi pengajaran sesuai kebutuhan. Guru yang fleksibel memiliki kemampuan dengan mudah menggunakan beragam gaya dan metode pengajaran. Hal ini memungkinkan guru menjadi lebih responsive terhadap kebutuhan serta preferensi peserta didik (Guilford, 1967). Penelitian lain menyimpulkan bahwa kecakapan dalam mengajar tidak hanya meningkatkan adaptabilitas guru tetapi juga mempermudah terciptanya lingkungan belajar yang inklusif dan mendukung, di mana semua peserta didik dapat berkembang sejalan dengan bakat mereka (Sternberg et al., 2021; Tran et al., 2016).

Guru yang kreatif dalam mengajar memiliki kemampuan untuk menciptakan ide dan solusi yang unik dan inovatif, ini disebut orisinalitas (Caroff & Besançon, 2008). Guru dengan tingkat orisinalitas yang tinggi biasanya menciptakan metode

pengajaran yang tidak konvensional namun tetap efektif, sehingga mampu menumbuhkan motivasi dan keterlibatan siswa (Shermukhammadov, 2022). Guru dengan tingkat orisinalitas yang tinggi menghasilkan pemahaman dan pembelajaran yang lebih dalam serta bermakna bagi peserta (Massie et al., 2022).

Seiring dengan kebutuhan kompetensi TPACK dan kreativitas guru dalam meningkatkan kualitas pendidikan. Namun, berdasarkan studi pendahuluan yang dilakukan oleh Surahman (2020) menyimpulkan bahwa Guru di Garut Jawa Barat masih diperlukan peningkatan kompetensi dalam aspek pengetahuan teknologi, terutama yang berkaitan dengan penguasaan perangkat lunak pendukung pengembangan media pembelajaran, hal ini dikarenakan nilai TK sebesar 66.25 berkategori rendah. Selain itu, Abidin dkk (2024) menyimpulkan bahwa perlu adanya upaya peningkatan TPACK guru IPA di Cirebon, dikarenakan setelah dilakukan tes TPACK didapatkan nilai rata-rata dibawah 60 pada komponen TPK, PCK, dan TPACK dengan kategori rendah. Kelemahan guru IPA tersebut memberikan implikasi terhadap hasil belajar siswa.

Selain itu, data tersebut diperkuat dengan hasil kuesioner kepada 183 siswa di Jawa Barat yang menyatakan 75 % siswa belum pernah melaksanakan praktikum dan 60% belum pernah melakukan perancangan pembuatan produk pada mata pelajaran IPA, Sebagian siswa menjawab pelaksanaan pembelajaran lebih sering dilakukan konvensional dalam membahas materi secara konseptual. Hal ini menunjukkan bahwa guru masih rendah dalam kompetensi pedagogik dan kreativitas untuk merancang pembelajaran pada proses praktikum dan perancangan produk. Padahal proses tersebut dalam pembelajaran IPA merupakan hal yang penting sebagai pembuktian secara empiris dari konseptual, penerapan keterampilan proses sains, dan pemecahan masalah (Susilawati, 2024; Suryaningsih, 2017). Jika dilihat dari karakteristik dasar pelaksanaan praktikum dan perancangan produk, Salah satu cara yang bisa dilakukan untuk meningkatkan TPACK dan kreativitas guru adalah pendekatan STEM. Hal ini dikarenakan karakteristik pendekatan STEM yang diterapkan pada pembelajaran IPA bersifat interdisipliner, dimana konsep dari sains, teknologi, perancangan dan matematika digabungkan dalam satu konteks

Aay Susilawati, 2025

PELATIHAN STEM LEARNING BERBASIS INTERNET OF THINGS (STEM-IOT) PADA TEMA HEMAT ENERGI UNTUK MENINGKATKAN TPACK DAN KREATIVITAS GURU IPA DI JAWA BARAT

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

aplikasi praktis, pendekatan lebih berbasis pemecahan masalah, penggunaan proyek berbasis praktikum yang menantang siswa bekerjasama menciptakan solusi inovatif (Diep dkk, 2023; Flerlage dkk, 2023).

Keterkaitan antara STEM, pembelajaran IPA dan proses perancangan produk telah banyak dilakukan peneliti sebelumnya. Hal ini tercermin dari hasil analisis bibliometrik menggunakan basis data scopus yang mengkaji tren historis dan kontemporer dalam publikasi akademik yang berkaitan dengan pendidikan sains. Pencarian dilakukan dengan kunci "sains DAN pendidikan". Hasilnya menunjukkan peningkatan yang stabil dalam volume publikasi sejak tahun 1970-an, dengan lonjakan yang signifikan dimulai pada tahun 2000 dan mencapai puncaknya pada tahun 2021. Pertumbuhan ini mencerminkan meningkatnya minat global terhadap pendidikan sains, yang didorong oleh kemajuan teknologi, reformasi kurikulum, dan dampak pandemi COVID-19 terhadap pengajaran dan pembelajaran. Temuan ini menyoroti akademik yang terus berkembang dan memberikan landasan bagi penelitian dan pengembangan kebijakan di masa depan dalam pendidikan sains (Susilawati, 2023).

Analisis selanjutnya pada proses perancangan produk dalam pendidikan telah muncul sebagai pendorong utama inovasi dan pembangunan ekonomi di abad ke-21. Seiring berkembangnya sistem pendidikan global, penelitian dalam perancangan produk menjadi krusial bagi reformasi kebijakan dan kurikulum. Studi ini memberikan analisis bibliometrik yang komprehensif tentang tren global dalam penelitian perancangan pembelajaran pada 195.601 dokumen yang terindeks di Scopus dari tahun 1877 hingga 2023 menggunakan string pencarian TITLE-ABS-KEY (*engineering AND education*). Analisis ini berfokus pada tren publikasi tahunan, distribusi bidang studi, dan evolusi tematik. Perangkat lunak seperti Microsoft Excel, VOSviewer, dan Bibliometrix (R) digunakan untuk pemrosesan dan visualisasi data. Hasil menunjukkan pertumbuhan eksponensial dalam publikasi sejak awal tahun 2000-an, dengan kontribusi penting dari bidang pendidikan ilmu sains, bidang teknik, ilmu komputer, dan ilmu sosial. Temuan-temuan ini menyoroti sifat interdisipliner pendidikan teknik dan menekankan

Aay Susilawati, 2025

PELATIHAN STEM LEARNING BERBASIS INTERNET OF THINGS (STEM-IOT) PADA TEMA HEMAT ENERGI UNTUK MENINGKATKAN TPACK DAN KREATIVITAS GURU IPA DI JAWA BARAT

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

meningkatnya perhatian terhadap perangkat digital, inovasi pedagogis, dan pengembangan kebijakan. Studi ini berkontribusi pada perencanaan strategis untuk arah penelitian di bidang sains di masa mendatang (Susilawati, 2024).

Peluang dalam meneliti pelaksanaan rekayasa dalam dunia pendidikan yang dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan STEM dan diharapkan dapat meningkatkan TPACK dan kreativitas guru sangat relevan, karena terdapat unsur teknologi yang dikembangkan dan dimanfaatkan sebagai alat pemecahan masalah dalam pembelajaran STEM melalui perancangan produk. Di era digitalisasi saat ini perancangan produk yang sedang tren dan diperlukan untuk memenuhi kebutuhan era Society 5.0 adalah perancangan produk IoT. Hal ini selaras dengan tren penelitian dalam produk IoT untuk pendidikan STEM menggunakan metode bibliometrik. Berasal dari 200 makalah yang dikumpulkan dan dipilih dari basis data Google Scholar mengenai produk IoT untuk Pembelajaran STEM dari tahun 2014 hingga 2024 menggunakan analisis kata dan teks, kemudian membahas 13 artikel terpilih yang memiliki lebih dari 1000 kutipan. Produk IoT dalam pembelajaran STEM merupakan topik hangat yang cukup banyak diteliti dalam dekade terakhir. Integrasi produk IoT ke dalam pendidikan STEM secara signifikan meningkatkan proses pembelajaran dengan menyediakan pengalaman langsung dan interaktif yang membuat konsep kompleks lebih nyata dan menarik bagi siswa (Susilawati dkk, 2024).

Hasil lain menampilkan adanya peluang penelitian tentang pembelajaran STEM dalam pendidikan sains dengan menggunakan *internet of things* (IoT). Secara keseluruhan, 76 dokumen yang dianalisis pada istilah IoT dalam pendidikan STEM. Hal ini mendukung penelitian di masa mendatang untuk memanfaatkan IoT dalam STEM dengan data (Susilawati dkk, 2022). Tren IoT dalam pendidikan sains pada 54 artikel terindeks Scopus dari tahun 2012 hingga 2022 menggunakan analisis kata dan teks dengan menggunakan VOSviewer untuk tujuan analisis bibliometrik. Penelitian tentang IoT dalam pendidikan sains masih sangat rendah, dan hanya beberapa negara yang baru meneliti IoT dalam pendidikan sains. Selain itu, hubungan antara IoT dan bidang studi yang dibahas dalam penelitian ini masih

Aay Susilawati, 2025

PELATIHAN STEM LEARNING BERBASIS INTERNET OF THINGS (STEM-IOT) PADA TEMA HEMAT ENERGI UNTUK MENINGKATKAN TPACK DAN KREATIVITAS GURU IPA DI JAWA BARAT

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

sangat dangkal. Oleh karena itu, berdasarkan hasil analisis bibliometrik ini, memberikan gambaran umum dan peluang untuk melakukan penelitian di masa mendatang. Data analisis dari Scopus yang berkaitan erat dengan IoT dalam pembelajaran sains sebagian besar berkaitan dengan ilmu komputer (30,6%), rekayasa (30,6%), ilmu sosial (14,3%), dan bidang studi lainnya (24,5%). Namun, IoT dalam pendidikan sains masih terbatas pada desain, dan literatur untuk pelatihan kepada guru hingga implementasi di kelas. Hal ini memberikan peluang besar untuk meneliti pendidikan sains yang menerapkan pembelajaran STEM berbasis IoT pada proses rekayasa (Susilawati dkk, 2023).

Sedangkan tren pembelajaran STEM menggunakan IoT bagi guru sains berasal dari 25 makalah yang terindeks Scopus dari tahun 2016 hingga 2023 menggunakan analisis data dan teks. Penelitian tentang STEM dengan IoT sebagai pendukung pengembangan teknologi dalam pembelajaran bagi guru sains dapat dilakukan dengan berbagai cara, antara lain mengadakan pelatihan bagi guru, memberikan guru kepercayaan diri dalam menerapkan teknologi pada proses pembelajaran, dan perlunya kolaborasi dalam menjalankan pembelajaran STEM dengan IoT, baik untuk siswa maupun guru. Dalam penelitian lebih lanjut untuk mendukung keberhasilan implementasi pembelajaran STEM dengan IoT, diperlukan modul yang dirancang sebagai panduan.

Pengaruh IoT terhadap tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs) untuk pendidikan bermutu, khususnya pada pendidikan IPA. Metode penelitian yang digunakan adalah analisis bibliometrik dengan menggunakan Publish or Peris dan Vos viewer untuk mencari data dan memvisualisasikan hubungan antara kata kunci Internet of things, SDGs dan pendidikan IPA. Hasil yang diperoleh adalah penelitian tentang IoT dan SDGs untuk pendidikan IPA bermutu merupakan penelitian yang sedang tren dan dikaji oleh para ilmuwan. Hal ini dapat dilihat pada visualisasi jaringan dan penjelasan tahun dan negara yang menunjukkan bahwa ketiga kata kunci tersebut merupakan hal yang baru dan menjadi topik penelitian. Rekomendasi dari hasil penelitian ini adalah memberikan peluang dan informasi tentang dampak teknologi IoT terhadap tujuan hidup berkelanjutan, khususnya

Aay Susilawati, 2025

PELATIHAN STEM LEARNING BERBASIS INTERNET OF THINGS (STEM-IOT) PADA TEMA HEMAT ENERGI UNTUK MENINGKATKAN TPACK DAN KREATIVITAS GURU IPA DI JAWA BARAT

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

dalam peningkatan mutu pendidikan IPA atau ilmu pengetahuan lainnya, sehingga untuk kedepannya dapat dilakukan penelitian tentang implementasi teknologi IoT dalam pembelajaran IPA (Rochintaniawati dkk, 2024).

Hasil produk IoT yang erat kaitannya dengan SDGs dan dapat dirancang dalam pembelajaran STEM sebagai solusi dalam kehidupan sehari-hari sangat berkaitan dengan tema hemat energi. Pada tema ini dapat mendukung program kehidupan yang berkelanjutan seperti kesadaran lingkungan (SDGs 13: *climate action*, *life below water*, SDGs 15: *life on land*), meningkatkan kesehatan dan kesejahteraan (SDGs 3: *good health and well-being*), mendorong pendidikan yang berkualitas (SDGs 4: *quality education*), dan mendorong konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab (SDGs 12: *responsible consumption and production*) (Rochintaniawati dkk, 2024). Tema hemat energi akan memberikan peluang kepada guru dalam mengkaji konsep permasalahan pada berbagai level dengan perancangan produk IoT yang dirancang sebagai solusi dari permasalahan yang diangkat dalam pembelajaran. Banyak jenis pemanfaatan teknologi dalam mengangkat tema hemat energi pada penelitian sebelumnya, seperti: inovasi teknologi terhadap efisiensi pemanfaatan energi dalam integrasi teknologi hijau (Miao dkk, 2018), perubahan harga energi mempengaruhi adopsi teknologi hemat energi (Linn, 2008), Alat evaluasi berbasis perangkat lunak dalam proyek EMINET yang dirancang untuk menilai potensi dampak dari teknologi hemat energi (Klemes dkk, 2009), motor efisiensi tinggi (Nakatani, 2008). Selain itu peran teknologi IoT dalam konsep hemat energi memberikan manfaat diantaranya: monitoring *real time*, dengan sensor dan perangkat IoT, kita dapat memantau penggunaan energi secara *real time* dan melakukan penyesuaian yang diperlukan untuk menghindari pemborosan (Kopetz & Steiner, 2022), otomatisasi pengendalian energi seperti suhu, pencahayaan, atau penggunaan perangkat hanya ketika diperlukan saja (Nowonty dkk, 2018), efisiensi energi yang lebih baik: melalui data yang akurat, pengguna atau manajer bangunan/industri dapat mengambil keputusan yang lebih bijaksana terkait penggunaan energi dan memperbaiki pola konsumsi yang tidak efisien (Buyya dkk, 2024), dan integrasi energi terbarukan, IoT dapat membantu

Aay Susilawati, 2025

PELATIHAN STEM LEARNING BERBASIS INTERNET OF THINGS (STEM-IOT) PADA TEMA HEMAT ENERGI UNTUK MENINGKATKAN TPACK DAN KREATIVITAS GURU IPA DI JAWA BARAT

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

mengelola penggunaan dan penyimpanan energi terbarukan secara lebih efisien, mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil (Buyya dkk, 2024). Secara keseluruhan, IoT memungkinkan pemantauan, kontrol dan optimalisasi penggunaan energi di berbagai sektor, sehingga mendorong penerapan konsep hemat energi yang lebih efektif dan berkelanjutan. Adapun beberapa contoh produk IoT yang erat kaitannya dengan tema hemat energi diantaranya: *smart home* (Wolniak & Grebski, 2023), *building management systems* (Bajwa dkk, 2024), *smart energy meters* (Lynham dkk, 2016), *fleet management systems* (Elvas & Ferreira, 2021), *smart solar panels* (Nowotny dkk, 2018), *smart irrigation systems* (Adbelhamid dkk, 2025), *smart grid systems* (Esenogho dkk, 2022).

Berdasarkan beberapa permasalahan dan penelitian terdahulu, perlu adanya peningkatan TPACK dan kreativitas guru IPA dalam perancangan dan mengimplementasikan pembelajaran STEM berbasis IoT pada tema hemat energi. Banyak upaya yang dapat dilakukan dalam meningkatkan TPACK dan kreativitas guru IPA, diantaranya: pengintegrasian teknologi dalam praktik mengajar melalui refleksi, kolaborasi dan dukungan berkelanjutan (Guzey & Roehrig, 2009), program CPD (*continuing profesional development*) (Chatmaneerungcharoen, 2019), pengembangan TPACK-*practical* melalui pendekatan berbasis bukti dan penetapan standar (Jen dkk, 2016), pengembangan model transformasional dari PCK ke TPACK untuk guru prajabatan (Jang & Chen, 2010), pelatihan penggunaan teknologi pembelajaran (Guzey & Roehrig, 2009), implementasi model *project based learning* berbasis TPACK (Ningsih dkk, 2023), pelatihan penyusunan modul ajar berbasis TPACK (Dewi dkk, 2023), pelatihan penyusunan bahan ajar berbasis *guided inquiry*-TPACK (Agustina & Saputra, 2024), workshop TPACK berbasis literasi sains (Permanasari, 2023).

Selain itu, pelatihan pengenalan dan perancangan perangkat pembelajaran STEM juga sudah banyak dilakukan oleh penelitian sebelumnya seperti pelatihan STEM-PjBL (Ardiansyah dkk, 2020; Parno dkk, 2023), STEM berbasis *local wisdom* (Nugraheni dkk, 2022; Antarkusuma dkk, 2024; Busyairi dkk, 2022), dan *virtual laboratory* berbasis STEM (Hamdani dkk, 2024). Begitupula penelitian

Aay Susilawati, 2025

PELATIHAN STEM LEARNING BERBASIS INTERNET OF THINGS (STEM-IOT) PADA TEMA HEMAT ENERGI UNTUK MENINGKATKAN TPACK DAN KREATIVITAS GURU IPA DI JAWA BARAT

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

tentang pelaksanaan STEM berbasis IoT yang telah dilakukan sebelumnya diantaranya: pendampingan pengenalan pembelajaran STEM menggunakan IoT dengan hasil yang terekam melalui tanya jawab dan kuesioner yang diisi oleh guru antara lain, bahwa pengabdian ini telah dapat membuat para guru menjadi lebih paham arti STEM dengan IoT. Model pembelajaran STEM melalui IoT ini dinilai guru dapat memberikan manfaat positif bagi pada siswa (Beng dkk, 2022).

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan dan permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini, maka adanya gap antara kebutuhan peningkatan kompetensi TPACK dan kreativitas guru IPA dengan pelaksanaan pelatihan yang pernah dilakukan, dimana belum adanya program pelatihan tentang pembelajaran STEM berbantuan IoT pada tema hemat energi dalam meningkatkan TPACK dan kreativitas guru IPA di Jawa Barat. Jika dilihat dari proses pelatihan STEM berbantuan IoT yang pernah dilakukan sebelumnya, hanya sebatas pengetahuan konsep pembelajaran STEM dan pengenalan IoT belum sampai kepada praktek secara langsung dalam perancangan produk IoT, kemudian tema hemat energi yang diangkat dalam pelatihan STEM masih sangat jarang dilakukan apalagi dikaitkan dengan perancangan produk IoT pada pembelajaran IPA, penerapan IoT yang dilakukan banyak dilakukan pada aspek dunia industri dan masih sangat sedikit yang membahas di ranah pendidikan, dan belum adanya penelitian tentang peningkatan TPACK dan kreativitas melalui pelatihan STEM berbasis IoT pada tema hemat energi pada guru IPA. Oleh karena dalam penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan pelatihan STEM Learning berbasis IoT pada tema hemat energi untuk meningkatkan TPACK dan kreativitas guru IPA di Jawa Barat.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, rumusan masalah pada penelitian ini adalah “Bagaimana pengembangan program pelatihan STEM-IoT pada materi hemat energi untuk meningkatkan TPACK dan kreativitas guru IPA?”. Untuk menjawab rumusan masalah ini, kemudian dikembangkan menjadi beberapa pertanyaan penelitian, diantaranya:

1. Bagaimana pengembangan program pelatihan STEM IoT pada tema hemat energi untuk meningkatkan TPACK dan kreativitas guru IPA?
2. Bagaimana kelayakan program pelatihan STEM IoT pada tema hemat energi dalam meningkatkan TPACK dan kreativitas guru IPA?
3. Bagaimana efektivitas program pelatihan STEM IoT pada tema hemat energi untuk meningkatkan TPACK guru IPA?
4. Bagaimana profil kreativitas guru IPA dalam merancang proyek IoT dengan menggunakan pendekatan STEM pada tema hemat energi sebagai efek implementasi program pelatihan?
5. Bagaimana respon guru terhadap program pelatihan STEM IoT pada tema hemat energi terhadap peningkatan TPACK dan kreativitas Guru IPA?

1.3. Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan masalah yaitu pelaksanaan program pelatihan STEM IoT yang dilakukan untuk guru IPA tingkat SD, SMP, SMA, dan SMK di beberapa daerah Jawa Barat. Guru IPA yang mengikuti pelatihan tersebar dari 11 daerah di Jawa Barat, diantaranya: Kota Bandung, Kabupaten Bandung, Cianjur, Subang, Sumedang, Cimahi, Garut, Tasikmalaya, Ciamis, Kuningan, dan Sukabumi. Dasar pelatihan yang diberikan adalah STEM *learning* berbasis IoT yang diberikan kepada guru IPA SD, SMP SMA dan SMK yang pernah melakukan pembelajaran STEM, termotivasi dalam mengembangkan pembelajaran STEM. Tema yang diangkat pada pelatihan adalah hemat energi yang disesuaikan dengan materi yang lebih dekat dengan kebutuhan sehari-hari dan mudah diajarkan dalam proses pemrograman dasar.

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan program pelatihan STEM STEM-IoT pada tema hemat energi untuk meningkatkan TPACK dan kreativitas guru IPA di Jawa Barat.

1.5. Manfaat Penelitian.

Hasil dari penelitian ini diharapkan bermanfaat untuk calon guru IPA, guru IPA, peneliti, dan *stakeholders* di bidang pendidikan IPA. Manfaat penelitian ini dapat dibagi menjadi manfaat teoritis dan manfaat praktis.

- a. Manfaat teoritis, dimana hasil penelitian dapat menjadi bukti secara empiris tentang efektivitas program pelatihan STEM IoT dalam meningkatkan TPACK dan menggali kreativitas guru IPA dan dapat menjadi salah satu alternatif program pelatihan atau panduan dalam program pelatihan khususnya untuk guru IPA. Selain itu, produk yang dihasilkan berupa *lesson plan* untuk rancangan pembelajaran dan berupa produk dalam pemecahan masalah dengan berbantuan *internet of things*. Sedangkan karakteristik program pelatihan dapat diadopsi pada mata pelajaran lain yang sesuai dengan karakteristik pendekatan STEM.
- b. Manfaat praktis program pelatihan STEM berbasis *project internet of things* diharapkan dapat diimplementasikan secara langsung di sekolah pada mata pelajaran IPA atau dikembangkan pada mata pelajaran berbasis proyek yang lainnya.

1.6. Ruang Lingkup Penelitian

Untuk menghindari kesalahan penafsiran terhadap istilah-istilah yang digunakan dalam penelitian ini, maka perlu dijelaskan dalam definisi operasional sebagai berikut:

- a) Pengembangan program pelatihan STEM IoT merupakan program pelatihan untuk membekali guru-guru IPA pada tema hemat energi tentang bagaimana merancang dan melaksanakan kegiatan pembelajaran STEM berbasis proyek IoT yang utuh, kontekstual, sesuai dengan karakteristik peserta didik. Karakteristik program pelatihan pembelajaran STEM IoT dikembangkan berupa pembekalan tentang proyek IPA pada tema hemat energi yang dapat dibelajarkan dengan pendekatan STEM. Adapun desain program pelatihan STEM IoT didasarkan pada analisis kebutuhan pengembangan program berdasarkan kurikulum, analisis bahan ajar/buku, analisis materi pokok, dan analisis kompetensi guru dan siswa yang diperlukan untuk menghadapi

tantangan society 5.0 dan SDGs. Kemudian, dirancang beberapa perangkat yang dibutuhkan dalam melaksanakan program, seperti panduan pelatihan, modul pelatihan, KIT STEM IoT dan pemograman untuk proyek IoT yang sesuai dengan tema hemat energi, dan instrument yang diperlukan selama pelaksanaan program pelatihan. Setelah semua perangkat pelatihan sudah dikembangkan kemudian dilakukan pelaksanaan program melalui tiga tahapan yaitu pemaparan materi, praktik produk IoT pada tema hemat energi, dan tahap evaluasi dan RTL. Instrumen yang digunakan dalam pengembangan program pelatihan STEM IoT ini diantaranya: daftar cek list dan analisis dokumen untuk melakukan analisis terhadap kurikulum, buku, materi, dan kompetensi berdasarkan kebutuhan dan ketersediaan penerapan STEM IoT. Selain itu juga dilakukan validasi dan uji coba terhadap rancangan program dan setiap perangkat yang dibutuhkan dalam pelaksanaan program pelatihan STEM IoT.

b) *Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)* guru IPA

Shulman (1986) penggagas awal tentang konsep PCK dan kemudian dikembangkan akan pentingnya pengetahuan teknologi sehingga berkembang menjadi TPACK (Mishra & Koehler, 2006). TPACK merupakan keterampilan guru yang terdiri dari kompetensi PCK, TCK, TPK, dan TPACK. Komponen PCK meliputi bagaimana guru memilih dan menerapkan pembelajaran STEM yang disesuaikan dengan materi IPA tentang hemat energi. Komponen TCK mengacu pada bagaimana guru memilih dan menerapkan teknologi IoT yang cocok dengan tema hemat energi, dan disesuaikan dengan pengembangan kompetensi peserta didik. Komponen TPK terkait bagaimana guru memilih dan menerapkan teknologi IoT sehingga relevan dengan karakteristik peserta didik, dan daya dukung atau fasilitas sekolah. Sedangkan komponen TPACK terkait relevansi guru dalam memilih dan menerapkan STEM *learning* dengan IoT, pada tema hemat energi yang disesuaikan dengan karakteristik peserta didik dan daya dukung sekolah. Kemampuan PCK, TCK, TPK dan TPACK diukur menggunakan soal tes saat awal dan akhir pelaksanaan program pelatihan STEM-IoT. Kemampuan guru dalam memilih dan merancang RPP pada

komponen TPACK diukur menggunakan instrumen analisis rencana pembelajaran guru sebelum dan sesudah dilaksanakan program pelatihan. Selanjutnya, terkait kebermanfaatan program pelatihan STEM-IoT terhadap TPACK diolah dan dianalisis menggunakan istilah peningkatan karena kebermanfaatan dapat diukur berdasarkan peningkatan.

- c) Pelaksanaan program pelatihan STEM IoT merupakan penjelasan tentang proses pelaksanaan program pelatihan STEM IoT yang sudah dilakukan. Adapun proses pelaksanaan program pelatihan STEM IoT yang dilakukan melalui tiga tahapan diantaranya: tahap pemaparan materi, tahap praktik proyek STEM IoT pada tema hemat energi, dan tahap evaluasi RTL. Instrumen yang dalam memaparkan proses pelaksanaan pelatihan ini dengan menggunakan lembar observasi dan catatan lapangan. Sedangkan untuk mengevaluasi proses pelaksanaan program menggunakan menggunakan angket guru tentang ketertarikan guru untuk melaksanakan pembelajaran STEM IoT, kepuasan guru terhadap pemaparan materi pada saat pelatihan, pendapat guru terhadap materi STEM IoT, keberhasilan merangkai alat dan pemograman, dan kesan pelaksanaan pelatihan STEM IoT.
- d) Kebermanfaatan program pelatihan STEM IoT merupakan dampak yang ditimbulkan dari perlakuan adanya pelaksanaan pelatihan STEM IoT terhadap peningkatan TPACK guru IPA. Adapun instrumen untuk melihat adanya kebermanfaatan program terhadap peningkatan TPACK guru IPA dengan menggunakan soal TPACK guru berupa soal uraian sebanyak 15 soal yang terdiri dari komponen PCK, TCK, TPK, dan TPACK untuk kemudian dilakukan uji statistik, dan menggunakan lembar penilaian RPP yang dihasilkan dari pelatihan, dimana analisis dokumen RPP yang sudah dibuat dilihat kesesuaian komponen STEM-IoT dan TPACK dalam pemilihan materi dengan perancangan produk IoT yang mampu direkayasa pada tema hemat energi.
- e) Kreativitas guru IPA didefinisikan sebagai sikap, motivasi, dan minat guru IPA untuk mengembangkan ide, strategi, dan produk pembelajaran berbasis STEM-

IoT. Kreativitas pada konteks penelitian ini diukur melalui produk kreatif merujuk pada modul ajar pembelajaran STEM yang dirancang oleh guru.

- f) Indikator pengembangan meliputi efektivitas program pelatihan STEM IoT terhadap TPACK dan kreativitas guru IPA

1.7.Struktur Organisasi Disertasi

Sistematika disertasi ini tersusun dari 6 bab utama serta bagian kelengkapan lainnya berupa abstrak, daftar pustaka, dan lampiran-lampiran. Masing masing bab berisi penjelasan yang relevan, dengan garis besar seperti berikut ini:

- a) Bab I pendahuluan, Bab pertama merupakan pendahuluan yang berisi latar belakang penelitian, rumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, definisi operasional serta struktur organisasi disertasi. Latar belakang dan rumusan masalah serta pembatasan penelitian merupakan acuan yang dijadikan dasar untuk pengembangan bab selanjutnya.
- b) Bab II kajian pustaka dan kerangka pikir penelitian, pada Bab II berisi kajian literatur dan hasil-hasil penelitian yang relevan terkait dengan variabel-variabel yang diteliti dalam penelitian ini. Bab II dipaparkan pula kerangka pikir yang mendasari penelitian ini.
- c) Bab III metode penelitian, pada Bab III berisi penjelasan tentang desain penelitian dan prosedur penelitian, peserta yang dilibatkan dalam penelitian dan instrumen yang digunakan dalam penelitian serta analisis datanya.
- d) Bab IV hasil, Penulisan untuk Bab IV sesuai dengan rumusan masalah penelitian pada Bab I, meliputi empat bagian utama, yaitu hasil analisis kebutuhan melaksanakan pelatihan STEM learning berbasis IoT pada tema hemat energi untuk meningkatkan TPACK guru IPA, bagian dua tentang proses pelatihan yang dilakukan, bagian ketiga tentang kreativitas guru IPA dalam merancang lesson plan STEM IoT, dan bagian keempat tentang kebermanfaatan program pelatihan STEM IoT pada tema hemat energi terhadap peningkatan TPACK guru IPA.

- e) Bab V pembahasan, pada Bab V didasarkan pada hasil analisis dan kajian literatur yang relevan serta temuan dari penelitian sebelumnya yang memperkuat hasil analisis.
- f) Bab VI kesimpulan, implikasi, dan rekomendasi, pada Bab VI merupakan kesimpulan dari Bab IV dan pembahasan pada Bab V dan mengacu juga pada rumusan masalah dan pertanyaan penelitian pada Bab I. Kesimpulan yang dipaparkan merupakan jawaban atas pertanyaan tentang kebermanfaatan pelatihan STEM learning berbasis IoT pada tema hemat energi dalam meningkatkan TPACK dan kreativitas guru IPA. Selain itu, disajikan juga implikasi dan rekomendasi berdasarkan hasil penelitian.