

การพัฒนาทักษะการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ โดยใช้สะเต็มศึกษาบูรณาการร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น

Development of Lesson Plan Design Skills for Preservice Science Teachers Using the Integrated STEM Education with the 5E Inquiry-Based Learning Model

นิติพงษ์ ศิริวงศ์^{1*} และคทาวุธ กุลศิริรัตน์²
Nitipong Siriwong^{1*} and Kathawut Kulsirirat²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนานองค์ความรู้และทักษะของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้แนวคิดสะเต็มศึกษาบูรณาการร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น และ 2) ศึกษาการสะท้อนผลการเรียนรู้ของนักศึกษาหลังการอบรม กลุ่มเป้าหมาย คือ นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 2 จำนวน 33 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น เครื่องมือวิจัยประกอบด้วย ชุดกิจกรรมการพัฒนารอบแบบแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดสะเต็มศึกษาบูรณาการร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้และแบบประเมินการสะท้อนผลการเรียนรู้ การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) และใช้สถิติพื้นฐานนำเสนอข้อมูลในรูปแบบร้อยละ ผลการวิจัย พบว่า 1) หลังการอบรมพบว่าผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์มีแนวโน้มสูงกว่าก่อนการอบรม แสดงให้เห็นว่าการอบรมสามารถพัฒนาทักษะการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มบูรณาการกับการสืบเสาะ 5 ชั้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ 2) นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์มีการสะท้อนผลการเรียนรู้เชิงบวกทั้งด้านความรู้ความเข้าใจ ทักษะการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้และการนำไปประยุกต์ใช้ในบริบทการจัดการเรียนรู้ได้จริง สรุปได้ว่าผลการอบรม โดยใช้แนวคิดสะเต็มศึกษาบูรณาการกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น ช่วยเสริมสร้างศักยภาพด้านการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และนักศึกษาได้สะท้อนผลการเรียนรู้ผ่านทัศนคติ มุมมองและโอกาสที่จะนำไปใช้สอนจริงในชั้นเรียน เน้นกระบวนการเรียนรู้เชิงรุก การมีส่วนร่วมและการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างนักศึกษาด้วยกัน ปัจจัยเหล่านี้มีส่วนช่วยพัฒนาองค์ความรู้ ทักษะ และทัศนคติที่ดีต่อการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

คำสำคัญ : สะเต็มศึกษา การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น แผนการจัดการเรียนรู้

^{1*} สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนครินทร์
Department of General science, Faculty of Education, Rajabhat Rajanagarindra University
E-mail : nitosr@gmail.com

² สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนครินทร์
Department of General science, Faculty of Education, Rajabhat Rajanagarindra University
E-mail : kathawut.kul@mail.rru.ac.th

* Corresponding author

Abstract

This research aimed 1) to develop prospective preservice science teachers' knowledge and skills in creating lesson plans based on the STEM education approach integrated into the inquiry-based learning (5E) model; and 2) to examine participants' reflections on their learning after the training. The target group consisted of 33 second-year preservice science teachers. Pre-experimental Research was conducted. The research instruments included a training package to develop STEM-integrated, inquiry-based 5E lesson plans, a lesson plan assessment form, and a learning reflection assessment form. The content analysis was conducted, and basic statistics were presented as percentages. The research findings revealed that 1) The preservice science teachers' lesson plan evaluation scores after the training tended to be higher than those before the training, indicating that the training effectively developed integrated STEM-5E inquiry lesson plan design skills; and 2) The preservice science teachers reported positive learning reflections concerning knowledge, understanding lesson plans for design skills and applicability in an empirical teaching context. The training, which utilized the integrated STEM education approach with the 5E inquiry model, effectively enhanced the lesson plan design competency of preservice science teachers. The students' reflections, encompassing attitudes, perspectives, and opportunities for authentic classroom application, emphasized active learning processes, participation, and peer-to-peer exchange, all of which contributed to the development of knowledge, skills, and positive attitudes toward science education.

Keyword: STEM Education; 5E Inquiry-Based Learning; Lesson Plan

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

สะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการกลุ่มสาระวิชาวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในชีวิตจริง โดยเน้นความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 โดยมีลักษณะสำคัญ 5 ประการ ได้แก่ 1) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้บูรณาการความรู้ และทักษะของวิชาที่เกี่ยวข้องในสะเต็มศึกษาในระหว่างการเรียนรู้ 2) มีการท้าทายผู้เรียนให้ได้แก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนด 3) มีกิจกรรมกระตุ้นการเรียนรู้แบบ Active learning ให้กับผู้เรียน 4) ช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ผ่านการทำกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดให้ และ 5) สถานการณ์หรือปัญหาที่ใช้ในกิจกรรมมีความเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของผู้เรียนหรือการประกอบอาชีพในอนาคต (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2558; สุดารัตน์ พรหมแก้ว และคณะ, 2565) แนวคิดสะเต็มศึกษานำไปประยุกต์เป็นรูปแบบที่แตกต่างออกไปเช่น STEAM เป็นการนำศิลปะ (ART) บูรณาการเข้ากับสะเต็มทำให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหาโดยใช้ศิลปะเป็นสื่อกลางสร้างสรรค์ออกมาเป็นนวัตกรรม นิชนันท์ คำตา และคณะ (2566) พบว่าผู้เรียนขาดความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้เพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ ขาดความสนใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ และไม่สามารถใช้กระบวนการคิดแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงเสนอให้จัดการเรียนรู้เน้นการปฏิบัติมากกว่าทฤษฎีและบูรณาการความรู้ โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และการแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ

จากการศึกษางานวิจัยพบว่ากรอบแนวคิดการบูรณาการสะเต็มศึกษาในการจัดการเรียนรู้มีแนวคิดที่หลากหลาย สะเต็มศึกษาสามารถเชื่อมโยงกับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนต้องหาข้อมูลความรู้เพื่อที่จะตอบ

คำถามก่อนที่จะลงมือปฏิบัติตามกระบวนการทางวิศวกรรมเพื่อแก้ปัญหา Roehrig et al. (2021) การบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน เป็นการประยุกต์แนวคิดและกระบวนการทางวิศวกรรมของสะเต็มเข้าสู่ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 5 ขั้นตอนของการสืบเสาะ ได้แก่ ขั้นที่ 1 ระบุปัญหาโดยนำสถานการณ์จริงที่ท้าทายมากระตุ้นด้วยการตั้งคำถามและเชื่อมโยงกับเนื้อหา ขั้นที่ 2 สำรวจและการออกแบบเชิงวิศวกรรมคือนำกระบวนการสืบเสาะมาประยุกต์ใช้ร่วมกับกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ขั้นที่ 3 นำเสนอชิ้นงานเป็นการนำเสนอแนวคิดและวิธีการแก้ปัญหาของผู้เรียน ขั้นที่ 4 ประเมินผลคือการมีส่วนร่วมในการประเมินชิ้นงานของนักเรียนและครูผู้สอน ขั้นที่ 5 ขยายความรู้และเชื่อมโยงกับอาชีพคือการเชื่อมโยงองค์ความรู้และทักษะที่ได้รับจากการทำกิจกรรม เพื่อสร้างแรงจูงใจสู่อาชีพในอนาคต (Gilbert et al., 2024; Lai, 2018; Manunure & Leung, 2024; Sutaphan & Yuenyong, 2019) สรุปว่ากรอบแนวคิดของการบูรณาการสะเต็มมีลักษณะสำคัญ 7 ประการ ได้แก่ 1) การมุ่งเน้นกิจกรรมที่เชื่อมโยงปัญหาที่เกิดขึ้นในสภาพสังคมจริง 2) ความสำคัญกับกระบวนการวิศวกรรม 3) การบูรณาการบริบทของผู้เรียน 4) การบูรณาการเนื้อหาวิทยาศาสตร์ 5) เน้นกิจกรรมการปฏิบัติ STEM 6) ส่งเสริมทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 และ 7) เชื่อมโยงผลลัพธ์ของกิจกรรมกับอาชีพสะเต็ม Abu Khurm et al. (2023) เสนอกรอบแนวคิดการบูรณาการสะเต็มศึกษา คือ 1) นักเรียนต้องมีความเข้าใจในคำถามอย่างแท้จริงและควรมีโอกาสสังเกตความผิดปกติและความไม่สอดคล้องกันในปัญหา 2) นักเรียนควรฝึกเรียนรู้วิธีการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ 3) สร้างแรงบันดาลใจด้วยการผสมผสานศิลปะในสะเต็มทำให้กิจกรรมมีความน่าสนใจและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ในชิ้นงานได้ 4) ควรมีความยืดหยุ่นในการใช้เทคโนโลยีเป็นผู้ช่วยในการแก้ปัญหา 5) เชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่เรียนรู้ในห้องเรียนกับสิ่งที่เกิดขึ้นในสังคมปัจจุบันและการเพิ่มความตระหนักรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นจริงในสังคมโลก อย่างไรก็ตามยังพบว่านักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ยังต้องการพัฒนาด้านความรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์ ความมั่นใจในการสอนและความรู้ด้านการสอนวิทยาศาสตร์ (McDonald, 2016) ดังนั้นจึงควรพัฒนานักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ให้มีความรู้สามารถในการบูรณาการสะเต็มศึกษาสู่การจัดการเรียนรู้ได้อย่างมีคุณภาพและเร่งให้มีการวิจัยด้านการพัฒนาการบูรณาการการจัดการเรียนรู้สะเต็มให้มากยิ่งขึ้น (Berisha & Vula, 2024)

ในการวิจัยนี้พบว่ากลุ่มเป้าหมายมีความรู้ในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน แต่ยังขาดความรู้ความเข้าใจในการออกแบบการจัดการเรียนรู้เชิงบูรณาการเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ดังนั้นการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน จึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมให้กลุ่มเป้าหมายได้รับการพัฒนาการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้เชิงบูรณาการที่จะส่งเสริมให้ผู้เรียนได้รับการกระตุ้นการคิดวิเคราะห์ การมีส่วนร่วม การเชื่อมโยงความรู้กับชีวิตจริงและสร้างความรู้ด้วยตนเองได้ และมีความสอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียนในยุคปัจจุบัน ดังนั้นในการวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาทักษะการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน โดยใช้วิธีการอบรมระยะสั้นงานวิจัยนี้มีเป้าหมายให้นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์มีทักษะการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาบูรณาการร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน ได้อย่างถูกต้องและเป็นประโยชน์ต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในห้องเรียนต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาองค์ความรู้ในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาบูรณาการร่วมกับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน สำหรับนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์

1.2.2 เพื่อศึกษาการสะท้อนผลการเรียนรู้ของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์หลังการอบรมการพัฒนาการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้สะเต็มศึกษาบูรณาการร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ด้านเนื้อหา ผู้วิจัยได้พิจารณาเลือกเนื้อหาที่นักศึกษาต้องเรียนรู้ก่อนออกฝึกปฏิบัติการสอนในสถานศึกษาระหว่างเรียน เพื่อนำไปออกแบบการจัดการเรียนรู้และการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญทางด้านวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

5 ชั้น จากการศึกษาค้นคว้าของผู้วิจัยพบว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาบูรณาการกับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น มีประโยชน์ต่อนักศึกษาในด้านการออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้ผู้เรียนมีทักษะเชิงปฏิบัติ มีกระบวนการคิดวิเคราะห์ และทัศนคติที่ดีทางด้านวิทยาศาสตร์ จึงได้ออกแบบชุดกิจกรรมที่ประกอบด้วย 4 หน่วยการเรียนรู้ ได้แก่ กิจกรรมที่ 1 STEM และ 5E คืออะไร กิจกรรมที่ 2 การบูรณาการสะเต็มร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น กิจกรรมที่ 3 การออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น และกิจกรรมที่ 4 การสะท้อนผลการเรียนรู้

1.3.2 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย ตัวแปรต้น คือ ชุดกิจกรรมการพัฒนารูปแบบแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้สะเต็มศึกษาบูรณาการร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น ตัวแปรตาม คือ ผลการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาบูรณาการร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น ของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์

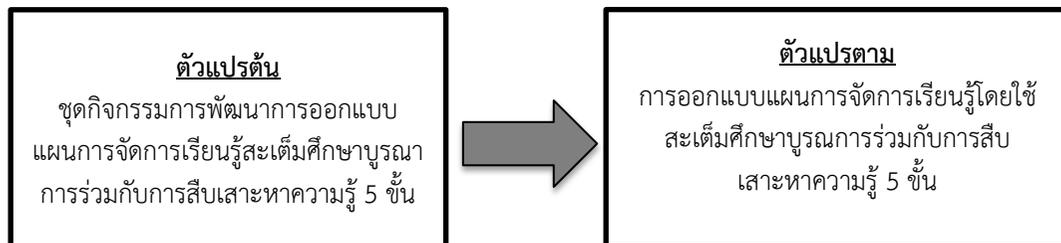
1.3.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยจัดกิจกรรมการอบรมให้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 4 กิจกรรม เป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง/สัปดาห์ รวม 12 ชั่วโมง และเก็บข้อมูลการวิจัยจากชิ้นงานคือแผนการจัดการเรียนรู้และแบบประเมินการสะท้อนผลการเรียนรู้ในสัปดาห์ที่ 4 และ สัปดาห์ที่ 5 ตามลำดับ รวมทั้งสิ้น 5 สัปดาห์

1.4 สมมติฐานการวิจัย

การอบรมด้วยชุดกิจกรรมการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้สะเต็มศึกษาบูรณาการร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น สามารถพัฒนาความรู้และทักษะการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มบูรณาการร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น ของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ได้

1.5 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ผู้วิจัยได้รวบรวมเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนำมาออกแบบกรอบแนวคิดการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดสะเต็มบูรณาการกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น ดังนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

2. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลองเบื้องต้น รูปแบบการวิจัยแบบวัดผลก่อนและหลังการทดลองเพียงกลุ่มเดียว (One-Group Pretest-Posttest Design) สัญลักษณ์ $O_1 \times O_2$ เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้สะเต็มศึกษาบูรณาการร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น และการสะท้อนผลการเรียนรู้ ดังนี้

2.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง การวิจัยครั้งนี้ ประชากรได้แก่ นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยนี้คือ นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ ชั้นปีที่ 2 จำนวน 33 คน ซึ่งผู้วิจัยได้มาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง เนื่องจากเป็นกลุ่มเรียนที่ผู้วิจัยต้องการพัฒนาองค์ความรู้สะเต็มศึกษาบูรณาการร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น โดยทำการศึกษาและเก็บข้อมูลในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 สถานที่ในการเก็บข้อมูล คือ คณะครุศาสตร์มหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ งานวิจัยนี้ได้รับการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ รหัสจริยธรรมการวิจัย SCPHYLIB-2567/305

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ประกอบด้วยชุดกิจกรรมการพัฒนาการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้สะเต็มศึกษาบูรณาการร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดสะเต็มศึกษาบูรณาการกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น และแบบประเมินการสะท้อนผลการเรียนรู้

2.2.1 ชุดกิจกรรมการพัฒนาการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้สะเต็มศึกษาบูรณาการร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น ผู้วิจัยได้สังเคราะห์รูปแบบวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้สะเต็มศึกษา และการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น นำมาออกแบบชุดกิจกรรมเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 3 ท่าน เพื่อประเมินค่าดัชนีความตรงตามเนื้อหา (Content validity index: CVI) โดยใช้มาตรวัดระดับ 4 ระดับ ให้ 1 หมายถึง ไม่สอดคล้อง ให้ 2 หมายถึง ต้องปรับปรุงจึงจะมีความสอดคล้อง ให้ 3 หมายถึง มีความสอดคล้อง ให้ 4 หมายถึง มีความสอดคล้องมาก (มณีรัศมี พัฒนสมบัติสุข, 2564) ค่าดัชนีความตรงตามเนื้อหารายข้อ (Item-level CVI: I-CVI) ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 0.8. (วีระยุทธ พรพจน์ธนาภาค, 2565) การประเมินค่าดัชนีความตรงตามเนื้อหาของชุดกิจกรรม เรื่อง การออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดสะเต็มศึกษาบูรณาการร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น ประกอบด้วย 4 หัวข้อ ได้แก่ กิจกรรมที่ 1 STEM และ 5E คืออะไร กิจกรรมที่ 2 การบูรณาการสะเต็มร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น กิจกรรมที่ 3 การออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น และกิจกรรมที่ 4 การสะท้อนผลการเรียนรู้ พบว่ามีค่าดัชนีความตรงตามเนื้อหา รายข้อ มีค่าเท่ากับ 1.00

2.2.2 แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง พัฒนาการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดสะเต็มศึกษาบูรณาการร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น ผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินเน้นให้ผู้เรียนได้ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อประเมินค่าดัชนีความตรงตามเนื้อหา ประกอบด้วยหัวข้อหลักดังนี้ องค์ประกอบที่ (1) บทบาทผู้เรียน องค์ประกอบที่ (2) บทบาทครู องค์ประกอบที่ (3) กระบวนการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วยขั้นตอน 5 ขั้นตอนดังนี้ ขั้นที่ 1 ระบุปัญหาที่ท้าทาย (Challenging problems) ขั้นที่ 2 สำรวจและการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Exploration and engineering design) ขั้นที่ 3 นำเสนอชิ้นงาน (Presentation) ขั้นที่ 4 ประเมิน (Evaluation) ขั้นที่ 5 ขยายความรู้และเชื่อมโยงกับอาชีพ (Elaboration and connecting with careers) พบว่ามีค่าดัชนีความตรงตามเนื้อหา รายข้อ มีค่าเท่ากับ 1.00

2.2.3 แบบประเมินการสะท้อนผลการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินเพื่อสะท้อนผลการเรียนรู้หลังจากนักศึกษาได้ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดสะเต็มศึกษาบูรณาการกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 3 ท่าน เพื่อหาค่าความเที่ยงตรง โดยการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of item objective congruence :IOC) ของแบบประเมินนั้นมีความสอดคล้องกับตัวแปรและจุดประสงค์ที่ต้องการศึกษา โดยใช้มาตรประมาณค่า 3 ระดับ คือ ให้คะแนน +1 เห็นด้วย ให้คะแนน 0 ไม่แน่ใจ ให้คะแนน -1 ถ้าไม่เห็นด้วย โดยค่า IOC ผ่านเกณฑ์หรือใช้ได้โดยทั่วไปคือต้องมีค่าอยู่ระหว่าง 0.50 -1.00 (วีระยุทธ พรพจน์ธนาภาค, 2565) ซึ่งประกอบด้วยหัวข้อหลัก ดังนี้ (1) การนำแนวคิดสะเต็มศึกษาบูรณาการร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น (2) ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นกับครูผู้สอนและผู้เรียน (3) สะเต็มศึกษาช่วยให้เห็นกระบวนการเชื่อมโยงองค์ความรู้กับโลกแห่งความเป็นจริง (4) กระบวนการจัดการเรียนรู้ (5) การสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ (6) เจตคติต่อการใช้แนวคิดสะเต็มศึกษาบูรณาการกับชั้น แบบประเมินการสะท้อนผลการเรียนรู้ ที่สร้างขึ้นฉบับนี้ เท่ากับ 1.00 ระดับมากผู้เชี่ยวชาญให้ปรับข้อคำถามที่ 2.2 มุ่งออกแบบวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้เปรียบเทียบกับทางเลือก และเลือกวิธีที่ดีที่สุด และตัดคำซ้ำที่ไม่จำเป็นในข้อการประเมินออกเพื่อให้มีความกระชับชัดเจนมากขึ้น จากนั้นนำเครื่องมือวิจัยทำการ ทดลองใช้وبرมกับกลุ่มทดลอง (Try out) กับนักศึกษาวิชาขพีครุวิทยาศาสตร์ชั้นปี 3 จำนวน 28 คนซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับกลุ่มที่ศึกษา หลังจากการทดลองใช้ได้ปรับกิจกรรมที่ 4 วิธีการสะท้อนผลการเรียนรู้ด้วยการแสดงความคิดเห็นแบบออนไลน์บนเว็บไซต์ mentimeter.com เพื่อให้มีความน่าสนใจ สามารถจัดระเบียบและบันทึกข้อมูลได้สะดวกมากขึ้น จากนั้นนำข้อสรุปไปปรับปรุงข้อบกพร่องของชุดอบรม ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นแล้วนำไปใช้وبرมกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้ (1) แบ่งกลุ่มออกเป็นกลุ่มละ 3 คน โดยใช้วิธีการแบ่งกลุ่มแบบคละความสามารถ ผู้วิจัยใช้เกรดเฉลี่ยรวมเป็นเกณฑ์ในการแบ่งกลุ่ม โดยแบ่งเป็น 3 ระดับคือ สูง (เกรด 3.00-4.00) กลาง (2.5-2.99) และอ่อน (ต่ำกว่า 2.49) เพื่อให้แต่ละกลุ่มมีความสามารถใกล้เคียงกัน ทั้งหมด 11 กลุ่ม (2) ผู้วิจัยให้แต่ละกลุ่มออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมศึกษาบูรณาการร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น ตามความเข้าใจของนักศึกษา จากนั้นประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ก่อนการอบรม (3) ผู้วิจัยดำเนินการอบรมกลุ่มตัวอย่างด้วยชุดกิจกรรมการพัฒนาการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เพิ่มเติมศึกษาบูรณาการร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง (4) หลังจากการอบรมเสร็จสิ้น ผู้วิจัยให้แต่ละกลุ่มออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมศึกษาบูรณาการร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น จากนั้นนำข้อมูลไปวิเคราะห์เปรียบเทียบผลก่อนและหลังการอบรม (5) หลังการอบรมผู้วิจัยใช้แบบประเมินการสะท้อนผลการเรียนรู้เป็นคำถามปลายเปิด 6 ข้อ เพื่อให้ให้นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ได้บรรยายแนวคิด มุมมองการจัดการเรียนรู้ วิธีการสอนและเจตคติ ที่เกี่ยวกับแนวคิดจัดการเรียนรู้โดยใช้เพิ่มเติมศึกษาบูรณาการร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลการสะท้อนผลการเรียนรู้เป็นรายบุคคล

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) โดยใช้กรอบแนวคิดเพิ่มเติมบูรณาการร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น

ขั้นที่ 1 ผู้วิจัยวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ตามองค์ประกอบตั้งนี้ องค์ประกอบที่ 1 บทบาทผู้เรียน องค์ประกอบที่ 2 บทบาทครู และองค์ประกอบที่ 3 กระบวนการจัดการเรียนรู้ (ขั้นที่ 1 ระบุปัญหาที่ท้าทาย ขั้นที่ 2 สำรวจและการออกแบบเชิงวิศวกรรม ขั้นที่ 3 นำเสนอชิ้นงาน ขั้นที่ 4 ประเมิน และ ขั้นที่ 5 ขยายความรู้และเชื่อมโยงกับอาชีพ) เพื่อประเมินและเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการอบรม วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพื้นฐานได้แก่ ค่าร้อยละ (Percentage value)

ขั้นที่ 2 ผู้วิจัยวิเคราะห์การสะท้อนผลการเรียนรู้ใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหาเชิงคุณภาพ (Qualitative data analysis) เพื่อจำแนกและจัดกลุ่มข้อมูล โดยกำหนดกรอบการวิเคราะห์เชิงตีความเป็นหน่วยในการวิเคราะห์ (Unit of analysis) เป็นคำเป็นประโยคที่มีใจความสำคัญเชิงความถี่ เพื่อหาความสัมพันธ์ของข้อมูลตามองค์ประกอบของการพัฒนาการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้

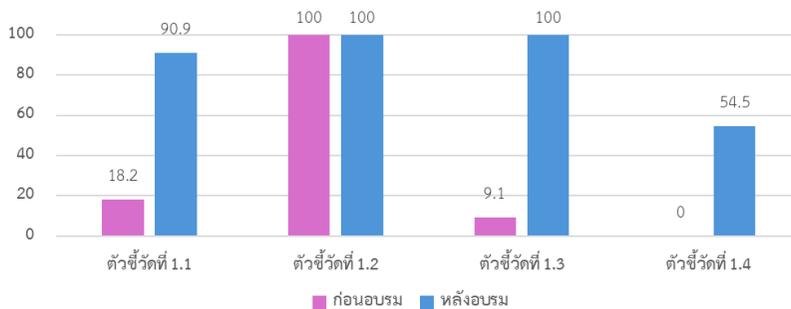
3 .สรุปผลการวิจัย

3.1 ผลการพัฒนาองค์ความรู้และทักษะของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เพิ่มเติมศึกษาบูรณาการร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น

ก่อนการอบรมผู้วิจัยได้แบ่งนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ออกเป็น 11 กลุ่ม ๆ ละ 3 คน จากนั้นให้แต่ละกลุ่มออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยกำหนดให้บูรณาการเพิ่มเติมศึกษาร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น ผู้วิจัยให้แต่ละกลุ่มศึกษาตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560 จากนั้นให้เลือกสาระการเรียนรู้ที่สนใจและช่วยกันระดมความคิดเห็นภายในกลุ่มออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ตามสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลแผนการจัดการเรียนรู้ของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ก่อนการอบรมเพื่อนำมาวิเคราะห์ ตามองค์ประกอบที่ 1 บทบาทผู้เรียน องค์ประกอบที่ 2 บทบาทครู และองค์ประกอบที่ 3 กระบวนการจัดการเรียนรู้ จากนั้นผู้วิจัยดำเนินการอบรมเชิงปฏิบัติการให้กับนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ด้วยชุดกิจกรรมการพัฒนาการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เพิ่มเติมศึกษาบูรณาการร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น จำนวน 12 ชั่วโมง เมื่อเสร็จสิ้นการอบรมผู้วิจัยได้ให้นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ใช้หน่วยการเรียนรู้เดิมที่ได้เลือกไว้ก่อนการอบรมนำมาออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เพิ่มเติมศึกษาบูรณาการร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น จากนั้นผู้วิจัยประเมินแผนการจัดการเรียนรู้เชิงเปรียบเทียบแผนการจัดการจัดการเรียนรู้ก่อนและหลังการอบรม ดังนี้

องค์ประกอบที่ 1 บทบาทนักเรียน ประกอบด้วย 1.1 กิจกรรมการเรียนรู้เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ 1.2 เน้นให้ผู้เรียนมีการเรียนรู้โดยการปฏิบัติและกระบวนการกลุ่ม 1.3 เน้นให้ผู้เรียนทุกคนมีส่วนร่วมแสดงความคิดเห็น และรับฟังความคิดเห็นที่แตกต่างกัน 1.4 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เน้นให้ผู้เรียนประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะที่ได้เรียนรู้ในสถานการณ์จริงหรือสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน ก่อนการอบรมพบว่านักศึกษาส่วนใหญ่ยังไม่สามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญได้ โดยตัวชี้วัดที่ 1.1, 1.3, และ 1.4 มีการปรากฏในแผนการจัดการเรียนรู้ น้อยมากหรือไม่พบเลย แต่พบว่าตัวชี้วัดที่ 1.2 กิจกรรมขั้นที่ 2 (สำรวจและออกแบบเชิงวิศวกรรม) ก่อนและหลังการอบรมพบร้อยละ 100 หลังการอบรมพบว่านักศึกษาทุกกลุ่มมีแนวโน้มที่ดีขึ้นดังนี้ ตัวชี้วัดที่ 1.1 พบเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 90.9 ตัวชี้วัดที่ 1.3 ซึ่งพบในกิจกรรมขั้นที่ 3 (นำเสนอชิ้นงาน) และ ตัวชี้วัดที่ 1.4 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 54.5 ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ผลการประเมินองค์ประกอบที่ 1 ก่อนและหลังการอบรมของผู้เข้าอบรมรายกลุ่ม

องค์ประกอบที่ 2 บทบาทครู ประกอบด้วย 2.1 เน้นให้ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ให้คำปรึกษาและสนับสนุนผู้เรียน 2.2 เน้นให้ครูใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์ 2.3 เน้นให้ครูมีบทบาทในการเชื่อมโยงกับประสบการณ์จริงของผู้เรียน ก่อนการอบรมพบว่านักศึกษาส่วนใหญ่ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีบทบาทของครูไม่ชัดเจน โดยเฉพาะตัวชี้วัดที่ 2.1 และ 2.2 ที่ครูเป็นผู้ชี้แนะและใช้คำถามกระตุ้นนั้นไม่ปรากฏเลยในทุกกลุ่ม ในขณะที่ตัวชี้วัดด้านการเชื่อมโยงกับประสบการณ์จริงและการสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ มีเพียงบางกลุ่มเท่านั้นที่แสดงให้เห็น

หลังการอบรมพบว่านักศึกษาเข้าใจบทบาทหน้าที่ของครูมากขึ้น โดยทุกตัวชี้วัดมีจำนวนกลุ่มที่ปรากฏเพิ่มขึ้น ตัวชี้วัดที่พบมากที่สุดคือตัวชี้วัดที่ 2.1 และ 2.4 ซึ่งพบใน 8 กลุ่ม ร้อยละ 72.7 ตัวชี้วัดที่ 2.3 พบใน 6 กลุ่ม ร้อยละ 54.5 ส่วนตัวชี้วัดที่พบน้อยที่สุดคือ 2.2 (ใช้คำถามกระตุ้น) ซึ่งพบเพียง 4 กลุ่ม ร้อยละ 36.4 เท่านั้น ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ผลการประเมินองค์ประกอบที่ 2 ก่อนและหลังการอบรมของผู้เข้าอบรมรายกลุ่ม

องค์ประกอบที่ 3 กระบวนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย 5 ชั้น ผลการประเมินก่อนและหลังการอบรมดังภาพที่ 4

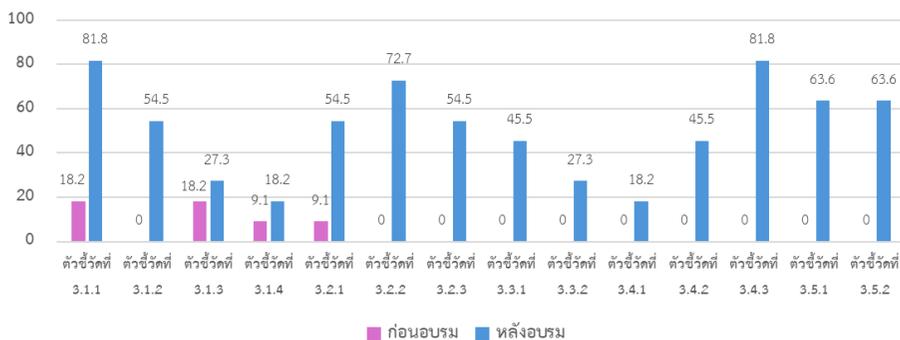
ชั้นที่ 1 ระบุปัญหาที่ท้าทาย ก่อนการอบรมพบว่านักศึกษาวิชาชีพรูทวิทยาการศึกษามีข้อจำกัดในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่กระตุ้นการคิดและเชื่อมโยงกับชีวิตจริง หลังการอบรมพบว่า ตัวชี้วัด 3.1.1 มีการระบุปัญหาหรือสถานการณ์ที่พบในชีวิตประจำวันเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 81.8 ตัวชี้วัดที่ 3.1.2 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้นำไปสู่การตั้งคำถามที่กระตุ้นกระบวนการคิดวิเคราะห์ เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 54.5 ตัวชี้วัดที่ 3.1.3 เน้นให้ผู้เรียนการตอบคำถามหรือการแก้ปัญหาเชื่อมโยงกับเนื้อหาทฤษฎีวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ เพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 27.3 และตัวชี้วัดที่ 3.1.4 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ต้องมีความท้าทายแก่ผู้เรียนที่ยังพบในสัดส่วนที่น้อยเพียงร้อยละ 18.2 แสดงว่าผู้เข้าอบรมมีความเข้าใจในชั้นระบุปัญหาที่ท้าทายพอสมควร

ชั้นที่ 2 สำรวจและการออกแบบเชิงวิศวกรรม ก่อนการอบรมกลุ่มนักศึกษาวิชาชีพรูทวิทยาการศึกษายังขาดความเข้าใจในกระบวนการสืบเสาะและขั้นตอนการแก้ปัญหาทางวิศวกรรม หลังการอบรมพบว่าตัวชี้วัดที่ 3.2.1 เน้นให้ผู้เรียนมีกระบวนการสืบค้นข้อมูลสามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้โดยใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 54.5 ตัวชี้วัดที่ 3.2.2 เน้นให้ผู้เรียนลงมือแก้ไขปัญหาด้วยกระบวนการวิศวกรรมสามารถออกแบบวิธีการแก้ปัญหาเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 72.7 และตัวชี้วัดที่ 3.2.3 ผู้เรียนสร้างชิ้นงานต้นแบบหรือแบบจำลองเพื่อทดสอบเก็บข้อมูลและประเมินผล ปรับปรุงชิ้นงานเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 54.5 แสดงว่าผู้เข้าอบรมมีความเข้าใจในชั้นการสำรวจและการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ชั้นที่ 3 นำเสนอชิ้นงาน ก่อนการอบรมพบว่าไม่มีกลุ่มใดมีกระบวนการตามตัวชี้วัด แสดงว่านักศึกษาขาดความเข้าใจในการส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการนำเสนอและแลกเปลี่ยนความคิดเห็น หลังการอบรมพบว่าตัวชี้วัด 3.3.1 เน้นให้ผู้เรียนได้นำเสนอวิธีการออกแบบชิ้นงานและการแก้ปัญหาเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 45.5 และตัวชี้วัดที่ 3.3.2 เน้นให้ครูและผู้เรียนร่วมกันแลกเปลี่ยนแนวคิดและให้ข้อเสนอแนะปรับปรุงชิ้นงานหรือการนำไปประยุกต์ใช้ เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 27.3 แสดงว่าผู้เข้าอบรมมีความเข้าใจในกระบวนการนำเสนอชิ้นงานและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นดีขึ้น

ชั้นที่ 4 ประเมิน ก่อนการอบรมพบว่าทุกกลุ่มไม่ปรากฏผลตัวบ่งชี้ที่ 3.4.1, 3.4.2 และ 3.4.3 หลังการอบรมพบว่าตัวชี้วัดที่ 3.4.1 เน้นให้ผู้เรียนร่วมกันให้ข้อคิดในการปรับปรุงชิ้นงานและการนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 18.2 ตัวชี้วัดที่ 3.4.2 ครูและผู้เรียนร่วมกันประเมินชิ้นงานแต่ละกลุ่มเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 45.5 และตัวชี้วัดที่ 3.4.3 เน้นให้ครูและผู้เรียนร่วมกันประเมินผลการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ สมรรถนะและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของผู้เรียนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 81.8 แสดงว่าผู้เข้าอบรมมีความเข้าใจในชั้นการประเมิน

ชั้นที่ 5 ขยายความรู้และเชื่อมโยงกับอาชีพ ก่อนการอบรมพบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ทุกกลุ่มไม่ปรากฏตัวบ่งชี้ที่ 3.5.1 และ 3.5.2 หลังการอบรมพบว่า ตัวบ่งชี้ที่ 3.5.1 เน้นให้ครูและผู้เรียนได้นำองค์ความรู้ไปเชื่อมโยงกับความรู้และประสบการณ์เพิ่มขึ้นร้อยละ 63.6 และ ตัวบ่งชี้ที่ 3.5.2 เน้นให้ครูและผู้เรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อสร้างแรงบันดาลใจสู่อาชีพในอนาคตของผู้เรียนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 63.6 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้เข้าอบรมมีความเข้าใจในชั้นขยายความรู้และเชื่อมโยงกับอาชีพมากขึ้น



ภาพที่ 4 ผลการประเมินองค์ประกอบที่ 3 ก่อนและหลังการอบรมของผู้เข้าอบรมรายกลุ่ม

3.2 ศึกษาการสะท้อนผลการเรียนรู้ของนักศึกษาหลังการอบรม

การสะท้อนผลการอบรมที่มีต่อความรู้ความเข้าใจ ทักษะคิด และการปรับใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียน ประกอบด้วย 6 ประเด็นดังนี้คือ ประเด็นที่ 1 การบูรณาการเพิ่มเติมศึกษาร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น ผู้เข้ารับการอบรมมีความรู้และสามารถออกแบบกิจกรรมที่บูรณาการเพิ่มเติมศึกษาร่วมกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น ช่วยพัฒนาทักษะการคิดและการแก้ปัญหาของผู้เรียน แต่ความสำเร็จขึ้นอยู่กับความพร้อมของทั้งโรงเรียน ครูผู้สอน อุปกรณ์ และความรู้ของผู้สอน ประเด็นที่ 2 ผลที่คาดว่าจะเกิดกับครูและนักเรียน การจัดกิจกรรมนี้ช่วยส่งเสริมปฏิสัมพันธ์ที่ดีระหว่างครูและนักเรียน โดยผู้เรียนจะได้รับการพัฒนาทักษะการปฏิบัติและการคิดผ่านการทำงานร่วมกันทำให้เกิดความสนใจและกระตือรือร้นในการเรียนรู้ ประเด็นที่ 3 การเชื่อมโยงองค์ความรู้เนื้อหาเกี่ยวกับชีวิตจริง กิจกรรมเพิ่มเติมศึกษานำมาลงมือปฏิบัติ ช่วยพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา ทำให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้ในชีวิตจริงได้และเชื่อมโยงความรู้สู่การสร้างแรงบันดาลใจในอาชีพ ประเด็นที่ 4 การนำไปประยุกต์ใช้ในห้องเรียน กิจกรรมเพิ่มเติมศึกษาเป็นการบูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ การจัดการเรียนรู้ในรูปแบบนี้แตกต่างจากการจัดการเรียนรู้แบบเดิม โดยเน้นการมีส่วนร่วมและการประเมินผลที่หลากหลาย ผู้เข้ารับการอบรมเห็นว่าสามารถนำไปใช้ได้จริง แต่ต้องมีการออกแบบกิจกรรมให้เหมาะสมกับบริบทของผู้เรียน ประเด็นที่ 5 การสร้างบรรยากาศการเรียนรู้แบบเพิ่มเติมศึกษาร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น เน้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติและกระบวนการกลุ่ม ช่วยให้นักเรียนเกิดความสนใจและสามารถนำไปสู่การแสดงศักยภาพของตนเองได้อย่างเต็มที่ ประเด็นที่ 6 เจตคติต่อการใช้แนวคิด ผู้เข้ารับการอบรมแสดงทัศนคติต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ใหม่นี้ว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการเสริมสร้างเจตคติที่ดีทางด้านวิทยาศาสตร์

4. อภิปรายผล

จากผลการวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย ผู้วิจัยพบว่าผลการศึกษาการพัฒนาทักษะการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมศึกษาบูรณาการร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น ของนักศึกษาวิชาชีพรูทวิทยาการศึกษาระดับปริญญาตรีในองค์ประกอบที่ 1 บทบาทผู้เรียน พบว่านักศึกษาวิชาชีพรูทวิทยาการศึกษามีความคุ้นเคยกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น เนื่องจากมีประสบการณ์ตรงจากการสังเกตในชั้นเรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นวิธีการสอนที่มุ่งเน้นให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านการสำรวจและค้นคว้าซึ่งมักจะดำเนินการเป็นกลุ่ม (กอรปรกานต์ จำปางาม และคณะ, 2567) หลังจากการจัดกิจกรรมอบรมการพัฒนาการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เพิ่มเติมศึกษาบูรณาการร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น พบว่านักศึกษาวิชาชีพรูทวิทยาการศึกษากลุ่มนี้มีแนวโน้มที่ดีขึ้น โดยเฉพาะการออกแบบกิจกรรมที่เน้นการปฏิบัติ การทำงานกลุ่ม และการมีส่วนร่วมในกิจกรรม การบริหารจัดการการเรียนรู้โดยรับบทบาทเป็นนักเรียนทำให้สามารถซึมซับประสบการณ์และเข้าใจในบทบาทของผู้เรียน และส่งเสริมการมีส่วนร่วมของนักเรียนมากขึ้น สอดคล้องกับ Gilbert et al. (2024) และ Zhai (2019) ซึ่งพบว่าการอบรมช่วยให้ครูและนักศึกษาวิชาชีพรูทวิทยาการศึกษามีความเข้าใจในบทบาทของผู้เรียนสำหรับการจัดการเรียนรู้ด้วยเพิ่มเติมศึกษาบูรณาการร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น ที่เน้นกระบวนการเรียนรู้แบบกลุ่มโดยมีผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ส่งเสริมการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมเชิงรุก (Active learning) และการประยุกต์ใช้ความรู้ในการแก้ปัญหา

องค์ประกอบที่ 2 บทบาทครู ก่อนการอบรมนักศึกษาวิชาชีพรูทวิทยาการศึกษายังไม่เข้าใจบทบาทของครูในฐานะผู้อำนวยความสะดวกและกระตุ้นกระบวนการคิดวิเคราะห์อย่างชัดเจน หลังการอบรมพบว่านักศึกษาวิชาชีพรูทวิทยาการศึกษามีความเข้าใจในบทบาทครูเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะกิจกรรมที่ 2 การบูรณาการเพิ่มเติมศึกษาร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น ทำให้นักศึกษาวิชาชีพรูทวิทยาการศึกษามีความเข้าใจในบทบาทหน้าที่ของครูผ่านกระบวนการสังเกตแบบมีส่วนร่วม ช่วยพัฒนาความเข้าใจในกระบวนการจัดการเรียนรู้และสามารถพัฒนาทักษะในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น (Hurley et al., 2023) การอบรมช่วยให้นักศึกษาวิชาชีพรูทวิทยาการศึกษารับรู้ถึงบทบาทจากการเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้ไปสู่ผู้ชี้แนะและอำนวยความสะดวก สามารถจัดสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้แบบสืบเสาะหา

ความรู้ 5 ชั้น (Manunure & Leung, 2024) ตลอดจนการบูรณาการสะเต็มศึกษาช่วยพัฒนานักศึกษาวิชาชีพครู วิทยาศาสตร์ให้มีทักษะการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีบริบทเชื่อมโยงกับสถานการณ์ในชีวิตจริง (Attard et al., 2021; Zhai, 2019)

องค์ประกอบที่ 3 กระบวนการจัดการเรียนรู้ ก่อนการอบรมนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ยังขาดความเข้าใจในออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่บูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น หลังการอบรมพบว่านักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาความรู้ความเข้าใจและทักษะในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับแนวคิดของการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่มีการนำประเด็นท้าทายมาเชื่อมโยงกับบริบทผู้เรียนโดยช่วยกระตุ้นความสนใจผู้เรียนเข้ากับเนื้อหา สอดคล้องกับ Thibaut et al. (2018) ซึ่งให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาควรจัดการเรียนรู้แบบเน้นปัญหาและสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เผชิญกับปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงหรือการอิงกับสถานการณ์จริง (Situated STEM Learning) ทำให้ผู้เรียนเห็นภาพและสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้ สถานการณ์จริง (Kelley & Knowles, 2016) 2) สามารถตั้งคำถามที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดขั้นสูง โดยการตั้งคำถามจากตัวผู้เรียนเองช่วยส่งเสริมให้เกิดการเสนอแนะแนวทางในแก้ปัญหาที่หลากหลายได้ (Abu Khurma et al., 2023; Attard et al., 2021) อย่างไรก็ตามนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ยังไม่สามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสมเนื่องจากยังขาดความเข้าใจในทฤษฎี เนื้อหาที่ถูกต้องและขาดความเข้าใจในเชิงลึก (Yang & Ball, 2024) สอดคล้องกับ Andrews et al. (2022) ซึ่งให้เห็นว่าการขาดความเข้าใจในความรู้พื้นฐานการสอนเป็นอุปสรรคต่อการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มที่ดี ดังนั้นการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการสะเต็มศึกษาควรจะเป็นการแข่งขันหรือการกำหนดปัญหาที่ท้าทายให้ผู้เรียนเพื่อกระตุ้นการเรียนรู้และการมีส่วนร่วมของผู้เรียน (Roehrig et al., 2021) นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์มีความรู้ความเข้าใจในกระบวนการทางวิศวกรรมโดยใช้สะเต็มศึกษาบูรณาการร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น สอดคล้องกับ Sutaphan and Yuenyong (2019) พบว่าผู้เรียนสามารถบูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ นำมาใช้ในการค้นหาแนวทางแก้ไขปัญหาที่เหมาะสมและเป็นประโยชน์ต่อสังคมได้อย่างเป็นรูปธรรม วิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการแก้ปัญหาในโลกแห่งความเป็นจริง ช่วยให้ผู้เรียนสามารถนำทฤษฎีมาประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Lai, 2018)

นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์สามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้ครูและผู้เรียนร่วมกัน ประเมินผลการเรียนรู้และการนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ผลมาจากการอบรมในกิจกรรมที่ 2 การสาธิตการจัดการเรียนรู้ส่งผลต่อการสร้างประสบการณ์ตรงต่อนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ทำให้เข้าใจกระบวนการมีส่วนร่วมของผู้เรียนสอดคล้องกับการศึกษาของ Gilbert et al. (2024) พบว่านักศึกษาวิชาชีพครูได้รับประสบการณ์การเป็นผู้เรียนในสภาพแวดล้อมสะเต็มศึกษาในรูปแบบการบูรณาการช่วยสนับสนุนให้สามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษาขั้นบูรณาการได้และการมีส่วนร่วมของผู้เรียนในการประเมินช่วยให้ผู้เรียนได้รับข้อเสนอแนะการออกแบบชิ้นงานของตนเอง นอกจากจะช่วยปรับปรุงชิ้นงานแล้วยังช่วยให้ผู้เรียนทบทวนกระบวนการคิดของตนเองได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น (Margot & Kettler, 2019) ความสามารถในการออกแบบกิจกรรมที่เชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์จริงและอาชีพในอนาคต สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และบริบทของสถานการณ์จริงในสังคมสามารถเชื่อมโยงกิจกรรมการเรียนรู้กับอาชีพได้อย่างเหมาะสม Manunure & Leung (2024) ดังนั้นการบูรณาการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น จะเริ่มต้นจากการตั้งคำถามและปัญหาสถานการณ์จริงช่วยกระตุ้นความสนใจและความอยากรู้อยากเห็นของผู้เรียน Abu Khurma et al. (2023) กล่าวว่ากิจกรรมสะเต็มเชื่อมโยงกับอาชีพช่วยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมองเห็นว่าทักษะสะเต็มและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หลากหลายอาชีพ ไม่จำกัดอยู่แค่ในวิทยาศาสตร์หรือวิศวกรรมเท่านั้นแต่ยังรวมถึงนักออกแบบหรือนักพัฒนาชุมชน (Nipyakis et al., 2024)

จากการศึกษาผลการสะท้อนผลการเรียนรู้ของนักศึกษาหลังการอบรม ประเด็นที่ 1 การบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์สะท้อนถึงความรู้ความเข้าใจและสามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่บูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ใน

สถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเสริมสร้างการเรียนรู้ อย่างไรก็ตามผู้สอนจะต้องมีความเข้าใจในการบูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีเป้าหมายที่สำคัญคือการสร้างสรรค์ชิ้นงานเพื่อการแก้ปัญหา นอกจากนี้ผู้สอนยังต้องมีความรู้ความเข้าใจในกระบวนการทางวิศวกรรมร่วมกับทักษะการใช้เทคโนโลยีที่เป็นเครื่องมือในการสืบค้นหรือออกแบบชิ้นงาน สอดคล้องกับ (เสือชา ลดาชาติ และคณะ, 2562) ที่กล่าวถึงความพร้อมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพิ่มเติมศึกษาของครูส่วนใหญ่ยังขาดความรู้ ประสบการณ์ เทคนิค และความชำนาญของตนเอง รองลงมาคือความพร้อมด้านบริบทของโรงเรียน เช่น สื่อ วัสดุ อุปกรณ์ เวลา และงบประมาณ

ประเด็นที่ 2 ผลที่คาดว่าจะเกิดกับครูและนักเรียน นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ได้สะท้อนให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ส่งผลต่อผู้สอนและผู้เรียนในด้านของปฏิสัมพันธ์ ซึ่งสอดคล้องกับ (นิชนันท์ คำตา และคณะ, 2566) ครูเป็นผู้กระตุ้นและอำนวยความสะดวก (สุธาธินิ กรุดเงิน และพรสิริ เอี่ยมแก้ว, 2564) และช่วยส่งเสริมให้มีเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์และยังสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

ประเด็นที่ 3 การเชื่อมโยงองค์ความรู้เนื้อหาวิชากับชีวิตจริง นักศึกษาวิชาชีพครูส่วนใหญ่ได้สะท้อนถึงกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาเป็นกิจกรรมที่เน้นการลงมือทำ ช่วยพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการทำงานเป็นทีม สอดคล้องกับ (ปาไลตา สุขสำราญ และวาริรัตน์ แก้วอุไร, 2562) ที่เน้นการมีปฏิสัมพันธ์ ทั้งระหว่างผู้เรียนด้วยกันเองและสิ่งแวดล้อมรอบตัว ส่งผลให้เกิดคุณลักษณะอันพึงประสงค์ในด้านต่าง ๆ ของผู้เรียน วัชฎัญ พิชญญูสิทธิ์ และเอื้อมพร หลินเจริญ (2563) พบว่าเมื่อนักเรียนได้ลงมือสร้างสรรค์ชิ้นงานตามแนวคิดของตนเองช่วยให้ผู้เรียนสามารถนำองค์ความรู้ไปใช้แก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวันได้อีกทั้งยังทำให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงความรู้และสร้างแรงบันดาลใจสู่อาชีพที่เกี่ยวข้องในอนาคตได้ สะเต็มศึกษาเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการจัดการเรียนรู้ที่จะช่วยส่งเสริมผู้เรียนให้มีทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 เน้นการเรียนรู้จากการที่ผู้เรียนได้ ลงมือปฏิบัติ ทำการทดลอง สืบเสาะแสวงหาค้นคว้าความรู้ด้วยตนเอง (ธารทิพย์ ช้วน และขวัญชัย ช้วน, 2562)

ประเด็นที่ 4 การนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียนและประเด็นที่ 5 การสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ นักศึกษาสะท้อนความคิดเห็นว่า การลงมือปฏิบัติเน้นกระบวนการกลุ่ม ช่วยส่งเสริมการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมอย่างเต็มที่ เป็นการสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่เหมาะสมจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ กระตือรือร้น และสามารถแสดงศักยภาพของตนเองได้อย่างเต็มที่ สอดคล้องกับ ธนิภา วศินยานันท์ และชาติรี ฝ่ายคำตา (2561) พบว่าการจัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติและแก้ปัญหาด้วยตนเองเป็นห้องเรียนที่มีการสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่ดี

ประเด็นที่ 6 เจตคติต่อการใช้นวัตกรรมสะเต็มศึกษาบูรณาการร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น นักศึกษาได้สะท้อนให้เห็นว่าการอบรมมีทัศนคติเชิงบวกต่อการจัดการเรียนรู้ สอดคล้องกับ สุธาธินิ กรุดเงิน และพรสิริ เอี่ยมแก้ว (2564) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้บูรณาการร่วมกับการเพิ่มเติมศึกษาช่วยเพิ่มความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่นำไปสู่ผลลัพธ์เชิงบวก

5. ข้อเสนอแนะ

5.1 ข้อเสนอแนะในการดำเนินการวิจัย

5.1.1 จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการอบรมการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาบูรณาการร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น เป็นการอบรมระยะสั้นแต่สามารถพัฒนาองค์ความรู้ แนวคิดและเจตคติของนักศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังเป็นแนวทางในการพัฒนาความพร้อมให้กับนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปใช้จัดการเรียนรู้ได้จริงในห้องเรียน สำหรับผู้ที่จะนำวิธีการอบรมนี้ไปใช้พัฒนานักศึกษาควรให้ความสำคัญกับการใช้คำถามกระตุ้นและการเชื่อมโยงเนื้อหาเชิงทฤษฎีเข้ากับปัญหาที่ท้าทายในชีวิตจริงซึ่งเป็นองค์ประกอบที่ผลการวิจัยชี้ว่ายังมีการพัฒนาในระดับต่ำกว่าองค์ประกอบอื่น

5.1.2 งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนานักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์และยังสามารถขยายกลุ่มเป้าหมายไปสู่ครูผู้สอนที่ปฏิบัติการสอนจริงในระดับชั้นต่าง ๆ ปัจจัยสำคัญที่ผู้อบรมต้องคำนึงถึงคือการออกแบบกิจกรรมที่เน้นการปฏิบัติมีส่วนร่วม และการนำเสนอชิ้นงานผู้สอนควรเปิดโอกาสให้มีการสะท้อนแนวคิดการออกแบบและปรับปรุงชิ้นงานอย่างอิสระ

5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

5.2.1 งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของการอบรมในระยะสั้น สำหรับการวิจัยในอนาคตควรติดตามผลการนำไปใช้จริงในชั้นเรียนของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์หลังจากที่ได้ผ่านการอบรมแล้วเพื่อประเมินว่านักศึกษาเหล่านั้นยังคงสามารถประยุกต์ใช้สะเต็มศึกษาบูรณาการร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นได้อย่างมีประสิทธิภาพในสถานการณ์จริงหรือไม่และส่งผลกระทบต่อผลการเรียนรู้ของนักเรียนอย่างไรในระยะยาว

5.2.2 ในปัจจุบันเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) มีบทบาทต่อชีวิตมนุษย์มากขึ้นและเป็นทักษะที่สำคัญอย่างยิ่งในการทำงานและศึกษาในปัจจุบัน ดังนั้นคำถามในการวิจัยต่อไปคือการประยุกต์ใช้ AI ในกิจกรรมสะเต็มศึกษาบูรณาการร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นจะสามารถพัฒนาการเรียนรู้อะไรและทักษะทางวิทยาศาสตร์ได้หรือไม่ อย่างไร

6. เอกสารอ้างอิง

กอบปรกานต์ จำปางาม, ภัทรกร เสียงคง, มลลมาทิพย์ นวลน้อย, ปาริชาติ บุญทอด, และศุภมัย พรหมแก้ว. (2567).

แนวโน้มของการสอนแบบการสืบเสาะหาความรู้ในวิทยาศาสตร์. *วารสารครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์*, 25(1), 34-48.

ธนิภา วศินยานันต์, และชาติรี ฝ่ายคำตา. (2561). ความเข้าใจต่อการสืบเสาะหาความรู้ของนิสิตครูวิทยาศาสตร์.

วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์, 5(ฉบับพิเศษ), 62-72.

ธารทิพย์ ช้วนา, และขวัญชัย ช้วนา. (2562). สะเต็มศึกษาเพื่อการจัดการเรียนรู้สู่สู่ทักษะการทำงานในศตวรรษที่ 21.

วารสารบัณฑิตศึกษา, 16(73), 1-11.

นิชนันท์ คำตา, กิตติมา พันธุ์พฤกษา, และธนาวุฒิ ลาตวงษ์. (2566). ผลการจัดการเรียนรู้รูปแบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *e-Journal of Education Studies, Burapha University*, 5(3), 27-42.

ปาไลตา สุขสำราญ, และวาริรัตน์ แก้วอุไร. (2562). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมจิตวิทยาศาสตร์และทักษะการแก้ปัญหาสำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์*, 21(3), 153-165.

มนิรัศม์ พัฒนสมบัติสุข. (2564). การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยทางการพยาบาลและสังคมศาสตร์. *วารสารเครือข่ายวิทยาลัยพยาบาลและการสาธารณสุขภาคใต้*, 8(2), 329-343.

ลือชา ลดาชาติ, วิลาวัลย์ โพธิ์ทอง, วิไลภรณ์ ฤทธิคุปต์, และลฎาภา ลดาชาติ. (2562). ความเข้าใจและมุมมองของครูเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาและการออกแบบเชิงวิศวกรรม. *วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร*, 39(3), 133-149.

วธัญญ พิษณุภูสิทธิ์, และเอื้อมพร หลินเจริญ. (2563). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารวิชาการและวิจัยสังคมศาสตร์*, 15(3), 89-104.

วีระยุทธ พรพจน์ธนาศ. (2565). การศึกษาเปรียบเทียบการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือวิจัยด้วยเทคนิค IOC, CVR และ CVI. *วารสารรังสิตสารสนเทศ*, 28(1), 169-192.

สิรินภา กิจเกื้อกุล. (2558). สะเต็มศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์*, 17(2), 201-207.

สุดารัตน์ พรหมแก้ว, เอกกรินทร์ สังข์ทอง, ขวลิต เกิดทิพย์, และชิตชนก เจริญเชาว์. (2565). สะเต็มศึกษากับทักษะการสอนของครูในศตวรรษที่ 21. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์*, 37(3), 159-167.

- สุธาธิณี กรุดเงิน, และพรสิริ เอี่ยมแก้ว. (2564). ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้บูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์และเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *วารสารวิชาการและวิจัยสังคมศาสตร์*, 16(3), 189-202.
- Abu Khurma, O., Al Darayseh, A., & Alramamneh, Y. (2023). A framework for incorporating the “Learning how to learn” approach in teaching STEM education. *Education Science*, 13(1), 1-19. <https://doi.org/10.3390/educsci13010001>
- Andrews, T. C., Speer, N. M., & Shultz, G. V. (2022). Building bridges: A review and synthesis of research on teaching knowledge for undergraduate instruction in science, engineering, and mathematics. *International Journal of STEM Education*, 9(1), 66. <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00380-w>
- Attard, C., Berger, N., & Mackenzie, E. (2021). The positive influence of inquiry-based learning teacher professional learning and industry partnerships on student engagement with STEM. *Frontiers in Education*, 6, 1-14. <https://doi.org/10.3389/feduc.2021.693221>
- Berisha, F., & Vula, E. (2024). Introduction of integrated STEM education to pre-service teachers through collaborative action research practices. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 22, 1127–1150. <https://doi.org/10.1007/s10763-023-10417-3>
- Gilbert, A., Suh, J., & Choudhry, F. (2024). Exploring the development of preservice teachers’ visions of equity through science and mathematics integration. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 23, 489–514. <https://doi.org/10.1007/s10763-024-10467-1>
- Hurley, M., Butler, D., & McLoughlin, E. (2023). STEM teacher professional learning through immersive STEM learning placements in industry: A systematic literature review. *Research in Science Education*, 53(3), 859–879. <https://doi.org/10.1007/s41979-023-00089-7>
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 11(3), 2-11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Lai, C. (2018). Using inquiry-based strategies for enhancing students’ STEM education learning. *Journal of Education in Science, Environment and Health*, 4(1). <https://doi.org/10.21891/jeseh.389740>
- Manunure, K., & Leung, A. (2024). Integrating inquiry and mathematical modeling when teaching a common topic in lower secondary school: An iSTEM approach. *Frontiers in Education*, 9, 1-17. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1376951>
- Margot, K. C., & Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: A systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, 6(2), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2>
- McDonald, C. V. (2016). STEM education: A review of the contribution of the disciplines of science, technology, engineering and mathematics. *Science Education International*, 27(4), 530-569.
- Nipyrakis, A., Stavrou, D., & Avraamidou, L. (2024). Examining S-T-E-M teachers’ design of integrated STEM lesson plans. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 23, 537-560. <https://doi.org/10.1007/s10763-024-10474-2>

- Roehrig, G. H., Dare, E. A., Ellis, J. A., & Ring-Whalen, E. (2021). Beyond the basics: A detailed conceptual framework of integrated STEM. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 3(11), 1-18. <https://doi.org/10.1186/s43031-021-00041-y>
- Sutaphan, S., & Yuenyong, C. (2019). STEM education teaching approach: Inquiry from the context based. *Journal of Physics: Conference Series*, 1340. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1340/1/012003>
- Thibaut, L., Ceuppens, S., De Loof, H., De Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A., Boeve-de Pauw, J., Dehaene, W., Deprez, J., De Cock, M., Hellinckx, L., Knipprath, H., Langie, G., Struyven, K., Van de Velde, D., Van Petegem, P., Depaeppe, F. (2018). Integrated STEM education: A systematic review of instructional practices in secondary education. *European Journal of STEM Education*, 3(1), 1-12. <https://doi.org/10.20897/ejsteme/85525>
- Yang, K.-L., & Ball, L. (2024). STEM teacher education programs for preservice and in-service secondary mathematics teachers: A review study. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 27(2), 185–207. <https://doi.org/10.1007/s10857-022-09557-0>
- Zhai, L. (2019). An inquiry teaching mode based on STEM education. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 14(17), 44–58. <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i17.11204>