

การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา  
ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ  
เรื่องเคมีสิ่งแวดล้อมของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4  
An Action Research on Development of Stem Education Based on Engineering  
Design Process for Promoting Collaborative Problem Solving Competencies on  
Environmental Chemistry of 10<sup>th</sup> Grade Students

ชนกกานต์ เนตรรัศมี<sup>1\*</sup> สิริินภา กิจเกื้อกุล<sup>1</sup> และ รัตนา สนั่นเมือง<sup>2</sup>  
Chanokkarn Neadratsamee<sup>1\*</sup> Sirinapa Kijkuakul<sup>1</sup> and Ratana Sananmuang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

<sup>2</sup>ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

<sup>1</sup>Educational Department, Faculty of Education, Naresuan University

<sup>2</sup>Department of Chemistry Faculty of Science, Naresuan University

\*Corresponding Author, E-mail: alliancephoenix@gmail.com, โทร. 088-2673098

วันที่ส่งบทความ 13 กรกฎาคม 2560 วันที่แก้ไขครั้งสุดท้าย 29 สิงหาคม 2560

วันที่ตอบรับบทความ 30 สิงหาคม 2560 วันที่เผยแพร่ออนไลน์ 2 มกราคม 2562

## บทคัดย่อ

การวิจัยปฏิบัติการมีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาแนวทางจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง เคมีสิ่งแวดล้อม ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในปีการศึกษา 2559 รูปแบบการวิจัยเป็นวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนจำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ ผู้เข้าร่วมวิจัยมีจำนวน 38 คนเครื่องมือ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบบันทึกสะท้อนผล และแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ผลการวิจัยพบว่าการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือควรจะเน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติงานร่วมกันเป็นกลุ่ม เพื่อให้ผู้เรียนร่วมมือกันแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งขั้นตอนการจัดการเรียนรู้จะประกอบด้วย 5 ขั้น ดังนี้ 1) ขั้นค้นหาปัญหา 2) ขั้นสร้างแนวคิด 3) ขั้นเลือกแนวคิดที่ดีที่สุด 4) ขั้นวางแผนลงมือปฏิบัติและ 5) ขั้นตรวจสอบและปรับปรุงซึ่งการจัดการเรียนรู้อย่างนี้แบบสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทั้งหมด 5 ขั้นตอนนี้สามารถพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียนได้ โดยเฉพาะสมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมกับการแก้ปัญหามากที่สุด รองลงมาคือสมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน และสมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่มตามลำดับ

**คำสำคัญ:** สะเต็มศึกษา สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เคมีสิ่งแวดล้อม

## Abstract

This action research aims to study the development of STEM education based on engineering design process to promote collaborative problem solving competencies (CPS) in environmental chemistry for 10<sup>th</sup> grade students in 2016 academic year. The methodology was classroom action research consisting of 3 cycles. The participants were 38. The research instruments included lesson plans, a reflective journal and collaborative problem solving observation. The research found that the STEM approach should be emphasized by students working together in groups for solving problem together. The STEM approach consists of 5 steps by following: 1) ask 2) imagine 3) plan 4) create and 5) improve. In addition, it is found that this learning approach can promote collaborative problem solving competencies, that the students had the most competency of taking appropriate action to solve problem competency, followed by establishing and maintaining shared understanding competency and establishing and maintaining team organization, respectively.

**Keywords:** STEM education, collaborative problem solving, engineering design process, environmental chemistry

## บทนำ

ในศตวรรษที่ 21 เป็นยุคของโลกาภิวัตน์เป็นสังคมที่มีข้อมูลข่าวสาร มีการขยายตัวทางเทคโนโลยีอุตสาหกรรม บริการ มีการแข่งขันในด้านเศรษฐกิจและต้องการแรงงานที่สามารถคิดแก้ปัญหาและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์เพราะฉะนั้นในศตวรรษที่ 21 สิ่งที่สำคัญที่สุดสำหรับการศึกษาคือ การจัดการเรียนรู้ที่ช่วยให้ผู้เรียนเตรียมความรู้ ความสามารถในทักษะด้านต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ ความสามารถ และมีทักษะที่พร้อมจะออกไปทำงานและดำรงชีวิตในอนาคตได้ (วิจารณ์ พานิช, 2555, น.19) ดังนั้นกระบวนการเรียนรู้จึงควรยึดการเรียนรู้ในชีวิตประจำวันของผู้เรียนเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจในการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น และเน้นคุณลักษณะเชิงวิพากษ์ (critical attributes) รวมถึงการบูรณาการเชิงสหวิทยาการ (interdisciplinary) ยึดโครงการเป็นฐาน (project-based) เพื่อให้ผู้เรียนสามารถร่วมมือ (collaboration) กันทำงานได้ (สำนักแผนและประกันคุณภาพการศึกษา, ม.ป.ป., น.1)

องค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (OECD) ให้ความสำคัญกับการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ (Collaborative Problem Solving: CPS) โดยดำเนินจัดโครงการประเมินผลผู้เรียนร่วมกับนานาชาติ (PISA) เริ่มตั้งแต่ปี 2003 และปี 2012 ซึ่งเป็นการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหา (Problem solving) ของผู้เรียน ต่อมาใน PISA 2015 ได้เล็งเห็นความสำคัญตลาดแรงงานซึ่งต้องการผู้ที่มีทักษะในการแก้ปัญหา และการทำงานร่วมกับผู้อื่น จึงเปลี่ยนจากการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาเป็นสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เพราะการแก้ปัญหาต้องมีหลายคนช่วยกันแก้ปัญหา เพราะหากมีเพียงคนเดียวคนหนึ่งคิดแก้ปัญหาเพียงคนเดียว จะทำให้แนวทางในการแก้ปัญหาจำกัดและไม่หลากหลาย ส่งผลให้วิธีการแก้ปัญหานั้นไม่มีประสิทธิภาพ (Organization for Economic Co-operation and Development [OECD], 2013)

สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเป็นสมรรถนะที่ผู้เรียนจะต้องร่วมกันระดมความคิดในการทำความเข้าใจกับปัญหา และต้องมีการสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดมาใช้แก้ไขปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ อีกทั้งในการแก้ปัญหาจำเป็นจะต้องอาศัยความรู้ในหลาย ๆ ศาสตร์สาขาวิชา (วิศรุต เลาหะวิถี, 2556) ดังนั้นจึงต้อง

มีคนที่มีความรู้ในด้านต่าง ๆ มาทำงานร่วมกันเพื่อช่วยกันแก้ปัญหา ซึ่งต่างจากการแก้ปัญหาเพียงคนเดียวที่จะทำให้มองเห็นปัญหาจำกัด ส่งผลให้การแก้ปัญหาไม่มีประสิทธิภาพเท่าใดนักเมื่อเทียบกับกรแก้ปัญหาแบบร่วมมือกันที่เกิดจากการระดมความคิดของหลาย ๆ คน จึงทำให้มีมุมมองหลายด้าน และสามารถหาแนวทางในการแก้ปัญหาได้มาก (OECD, 2013) จากที่กล่าวมาในข้างต้นจะเห็นได้ว่าควรพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเพราะเป็นสมรรถนะที่สำคัญต่อการดำรงชีวิต

ในบริบทของโรงเรียนที่ผู้วิจัยสอนเป็นโรงเรียนขนาดกลางมุ่งเน้นรายวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และภาษาต่างประเทศเป็นหลักอีกทั้งมีความพร้อมทางด้านเทคโนโลยี จากการสังเกตการจัดการเรียนรู้และพฤติกรรมของผู้เรียนในห้องเรียนที่ผู้วิจัยสอนเป็นระยะเวลา 1 ภาคการศึกษา พบว่าการจัดการเรียนรู้เป็นลักษณะของการบรรยายมากกว่าการลงมือปฏิบัติ และจากการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนขณะทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มพบว่า ผู้เรียนบางคนไม่ยอมทำงานร่วมกับสมาชิกในกลุ่มมักจะแยกตัวทำเอง มีการสื่อสารแสดงความคิดเห็นภายในกลุ่มค่อนข้างน้อย ไม่มีการวางแผนการทำงานก่อน เมื่อเกิดปัญหาระหว่างการทำงานจะมีสมาชิกเพียง 2-3 คนที่จะช่วยกันคิดแก้ปัญหาทำให้ผลลัพธ์ของงานไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร จากที่กล่าวมาในข้างต้นจะเห็นว่าพฤติกรรมของผู้เรียนทำให้เกิดปัญหาในรายวิชาเคมี เนื่องจากรายวิชานี้มีการลงมือทำปฏิบัติการเป็นกลุ่ม เพื่อให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาหรือคิดค้นหาคำตอบร่วมกัน (ภพ เลหาพิบูลย์, 2542, น.167) ซึ่งการจัดการเรียนรู้ที่มีการบรรยายเพียงอย่างเดียวและมีภาคปฏิบัติน้อยส่งผลให้ผู้เรียนไม่ได้ฝึกฝนการคิดวิเคราะห์ และประยุกต์ใช้ความรู้ในชีวิตประจำวัน จึงทำให้ผู้เรียนไม่สามารถนำเนื้อหาไปประยุกต์ใช้ได้ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2559 น.109) และเมื่อทำกิจกรรมกลุ่มและผู้เรียนเผชิญกับปัญหา ผู้เรียนไม่สามารถคิดและประยุกต์ใช้ความรู้แก้ปัญหาได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการประเมิน PISA 2012 พบว่าเด็กไทยมีสมรรถนะการแก้ปัญหาค่อนข้างต่ำ โดยคะแนนเฉลี่ยของเด็กไทยเท่ากับ 425 คะแนนซึ่งต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยรวมของหลายประเทศทั่วโลกคือ 500 คะแนน (สุนีย์ คล้ายนิล, ปรีชาญู เดชศรี, และอัมพิกา ประโมจันย์, 2549) ดังนั้นผู้สอนต้องจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการความรู้หลากหลายสาขาวิชาและเน้นการปฏิบัติงานร่วมกันเป็นกลุ่ม เพื่อให้ผู้เรียนร่วมกันฝึกแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อส่งเสริมและพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือกันของผู้เรียนให้เพิ่มขึ้นและการให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริง

สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการทำงาน (ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) ซึ่งการจัดการเรียนรู้จะช่วยให้ผู้เรียนได้แสดงทักษะกระบวนการคิด ความสามารถในการทำงานหรือการออกแบบ และสามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นให้ออกมาอย่างมีประสิทธิภาพ

การจัดการเรียนตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบ (Design) วางแผน (Plan) และการแก้ปัญหา (Problem solving) ซึ่งกระบวนการเหล่านี้ต้องใช้องค์ความรู้จากหลายสาขาวิชา เพื่อนำมาพัฒนาและสร้างสรรค์ชิ้นงานภายใต้ข้อจำกัด หรือเงื่อนไขที่กำหนดเพื่อนำมาแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง โดยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะช่วยให้ผู้เรียนฝึกทักษะในการวางแผนการทำงาน การแก้ปัญหา และวิธีการทำงานเป็นระบบ (อภิสิทธิ์ ชงไชย, 2556, น.35-36) เนื่องจากในชีวิตจริงมักจะเกิดปัญหาที่หลากหลายในการดำเนินชีวิต เพราะฉะนั้นเมื่อผู้เรียนเจอกับปัญหา ผู้เรียนจึงสามารถใช้วิธีการที่หลากหลายในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ โดยค้นหาแนวทางที่ดีที่สุดในการแก้ปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของจรรยาพงษ์ ชลสินธุ์ (2559) ที่กล่าวว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการ

ประยุกต์ใช้ความรู้เพิ่มเติมศึกษาเพื่อร่วมกันแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง และงานวิจัยของ ภัสสร ติตมา (2558) ที่กล่าวว่าจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสามารถนำไปพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาได้

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action research) โดยเลือกการจัดการเรียนตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ Engineering is Elementary (EiE) เนื่องจากมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมต่อระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ และสามารถช่วยส่งเสริมการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้ โดยผู้วิจัยได้สังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของภัสสร ติตมา (2558) และ Ron (2012) จึงมีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ค้นหาปัญหา (Ask) ในขั้นนี้ผู้วิจัยจะนำเสนอสถานการณ์ที่มีความสำคัญและเกิดขึ้นจริงที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของผู้เรียน โดยมีความสอดคล้องกับเนื้อหาจากนั้นผู้เรียนจะระบุปัญหาด้วยตนเอง และนำไปอภิปรายร่วมกันกับสมาชิกกลุ่มเพื่อเลือกปัญหาที่เกิดจากสถานการณ์นั้น 2) สร้างแนวคิด (Imagine) ผู้เรียนจะทำการศึกษาแนวคิดหรือวิธีการที่จะใช้ในการแก้ปัญหาจากการสืบค้นจากสื่อออนไลน์หรือแหล่งข้อมูลอื่นตามปัญหาที่ผู้เรียนได้ระบุไว้ในขั้นที่ 1 โดยผู้สอนจะทำหน้าที่ในการสนับสนุนให้ผู้เรียนได้ร่วมกันใช้ความคิดและสืบค้นเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหา 3) เลือกแนวคิดที่ดีที่สุด (Plan) ผู้เรียนจะแบ่งปันข้อมูลความรู้ และวิธีการแก้ปัญหาที่ตนเองสืบค้นให้แก่สมาชิกในกลุ่ม จากนั้นผู้เรียนจะช่วยกันระดมความคิดร่วมกัน เพื่อหาแนวทางแก้ไขปัญหาคือเป็นไปได้ดีและเหมาะสมที่สุดที่จะใช้ในการแก้ปัญหา 4) วางแผนลงมือปฏิบัติ (Create) ในขั้นนี้ผู้เรียนจะร่วมมือกันวางแผน ออกแบบ วิธีการแก้ปัญหาและสร้างชิ้นงานตามที่ได้เลือกไว้จากขั้นที่ 3 และ 5) ตรวจสอบและปรับปรุง (Improve) ผู้เรียนจะตรวจสอบชิ้นงานว่าสามารถแก้ปัญหาได้สำเร็จหรือไม่ หากชิ้นงานของผู้เรียนไม่ประสบผลสำเร็จ ผู้เรียนจะต้องนำชิ้นงานไปปรับปรุง แก้ไขอีกครั้ง ตามคำแนะนำของสมาชิกในกลุ่มและกลุ่มอื่น และจากครูผู้สอนแนะนำ (Ron, 2012)

การศึกษาเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมได้ถูกบรรจุลงในหลักสูตรสถานศึกษาและหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 ในรายวิชาเรื่องเคมีสิ่งแวดล้อม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) อันได้แก่เรื่องมลพิษทางอากาศ มลพิษทางดิน และมลพิษทางน้ำ ซึ่งรายวิชานี้จะช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างเคมีและสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ ตัว ผู้เรียนส่งผลให้ผู้เรียนได้ตระหนักและเห็นคุณค่าของสิ่งแวดล้อมที่ได้รับผลกระทบมาจากสารเคมีต่าง ๆ ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนมีความระมัดระวังในการใช้ทรัพยากร รวมถึงสามารถช่วยกันดูแล ป้องกัน และแก้ไขปัญหาสภาพแวดล้อมให้ดียิ่งขึ้น (พูลสุข โพธิ์รักขิต-ปรัชญานุสรณ์, 2553, น.4)

จากที่กล่าวมาในข้างต้นจึงทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะพัฒนาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่องเคมีสิ่งแวดล้อม ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาและศึกษาผลของแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่องเคมีสิ่งแวดล้อม

### นิยามศัพท์เฉพาะ

1. สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ (Collaborative Problem Solving) หมายถึง ความสามารถในการทำงานร่วมกันของผู้เรียน โดยมีการระดมความคิดร่วมกันเพื่อหาแนวทางที่ดีที่สุดที่จะใช้ในการแก้ปัญหา พร้อมทั้ง

วางแผน ออกแบบและสร้างชิ้นงานเพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหาด้านเคมีสิ่งแวดล้อม ซึ่งสมรรถนะนี้มี 3 ด้านดังนี้ 1) การสร้างและรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน 2) การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสม 3) การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม

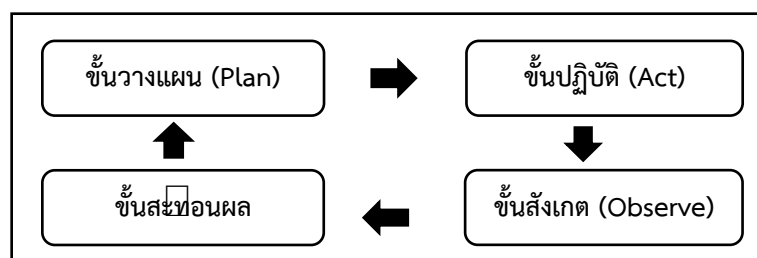
2. การแก้ปัญหาแบบร่วมมือ หมายถึงผู้เรียนตั้งแต่ 2 คนขึ้นไป ร่วมกันคิดและอภิปรายร่วมกัน เพื่อหาวิธีการต่าง ๆ มาใช้ในการแก้ปัญหา

3. การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม หมายถึงการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการศาสตร์สาขาวิชาทั้งสี่สาขาวิชาได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยจะนำองค์ความรู้วิชาการของศาสตร์ทั้งสี่มาเชื่อมโยงกันและนำความรู้ที่ได้ไปใช้แก้ปัญหาทางด้านเคมีสิ่งแวดล้อม ซึ่งในกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยได้ใช้รูปแบบกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ Engineering is Elementary (EiE) ที่ได้จากการสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของ รัสสร ดิตมา (2558) และ Ron (2012) จึงมีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นค้นหาปัญหา 2) ขั้นสร้างแนวคิด 3) ขั้นเลือกแนวคิดที่ดีที่สุด 4) ขั้นวางแผนลงมือปฏิบัติ และ 5) ขั้นตรวจสอบและปรับปรุง

4. ชิ้นงาน หมายถึง แบบโครงร่าง หรือแบบจำลองที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหาเคมีสิ่งแวดล้อม

### วิธีดำเนินการวิจัย

วิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนเป็นงานวิจัยที่สะท้อนการปฏิบัติตนของผู้วิจัย เพื่อปรับปรุงและพัฒนาการปฏิบัติและการสอนของผู้วิจัย (Kemmis & McTaggart, 1988, p.5 as cited in Angie, 2015, p.6) โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้ 1) ขั้นวางแผน (Plan) 2) ขั้นปฏิบัติ (Act) 3) ขั้นสังเกต (Observe) และ 4) ขั้นสะท้อนผล (Reflect) เมื่อดำเนินงานครบทั้ง 4 ขั้นจะเป็น 1 วงจรปฏิบัติการ ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินงานทั้งหมดเป็น 3 วงจรปฏิบัติการ



รูปที่ 1 การเก็บรวบรวมข้อมูลในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

#### 1. ผู้เข้าร่วมวิจัย

ผู้เข้าร่วมวิจัยได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) คือ ผู้เรียนห้องเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ของโรงเรียนมัธยมแห่งหนึ่งในจังหวัดภาคเหนือตอนล่าง จำนวน 38 คน

#### 2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง เคมีสิ่งแวดล้อมซึ่งผู้วิจัยได้สร้างแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน 12 ชั่วโมง จากนั้นหาคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้โดยนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญทางการสอนวิทยาศาสตร์/วิทยาศาสตร์ศึกษา วิทยาศาสตร์ (เคมี) และครูประจำการ ซึ่งพบว่าต้องปรับแก้สถานการณ์ กิจกรรมในแต่

ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ และใบกิจกรรม จากนั้นปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จึงได้แผนการจัดการเรียนรู้ตามขอบเขตเนื้อหาเพิ่มเติมศึกษาดังตารางที่ 1 โดยแต่ละแผนมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบเพิ่มเติมศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจำนวน 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นระบุปัญหาในแต่ละแผนผู้วิจัยจะกำหนดสถานการณ์ที่เกี่ยวกับเคมีสิ่งแวดล้อมแตกต่างกัน จากนั้นผู้เรียนร่วมกันระบุว่าปัญหาจากสถานการณ์นั้นคืออะไร 2) ขั้นสร้างแนวคิดผู้เรียนร่วมกันสืบค้นหาแนวคิดที่เป็นไปได้ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาทั้งหมด 3) ขั้นเลือกแนวคิดที่ดีที่สุดผู้เรียนจะอภิปรายร่วมกันเพื่อเลือกแนวทางที่จะนำมาแก้ปัญหา 4) ขั้นวางแผนลงมือปฏิบัติ ผู้เรียนจะร่วมกันออกแบบและประดิษฐ์ชิ้นงานตามแนวทางที่เลือกไว้โดยใช้ความรู้ทางด้านเคมี เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และวิศวกรรม สำหรับผู้วิจัยจะให้คำแนะนำแก่ผู้เรียนในแต่ละกลุ่ม และ 5) ขั้นตรวจสอบและปรับปรุง ผู้เรียนจะนำเสนอผลงานและมีช่วงถาม-ตอบของแต่ละกลุ่ม จากนั้นแต่ละกลุ่มจะปรับปรุงชิ้นงานตามคำแนะนำของผู้วิจัยและสมาชิกในห้อง หลังจากนั้นสมาชิกทั้งห้องร่วมกันโหวตเพื่อเลือกวิธีการที่ดีที่สุดสำหรับแก้ปัญหาจากชิ้นงานทั้งหมดของผู้เรียน

ตารางที่ 1 แสดงขอบเขตเนื้อหาเพิ่มเติมศึกษาในแต่ละแผน

วงจรถับปฏิบัติ	ขอบเขตเนื้อหาเพิ่มเติมศึกษา				สถานการณ์ที่กำหนดให้
	วิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรมศาสตร์	คณิตศาสตร์	
1) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องมลพิษทางอากาศ (4 ชั่วโมง)	ความรู้ทางเคมีเรื่องการกำจัดก๊าซ	การสืบค้นข้อมูล และการเลือกใช้เครื่องมือต่าง ๆ	ออกแบบและสร้างชิ้นงานโดยใช้กระบวนการเชิงวิศวกรรม*	คำนวณหาปริมาณของชิ้นงานและปริมาณของก๊าซซัลเฟอร์	หนังสือพิมพ์ฉบับหนึ่ง พาดหัวข่าวเกี่ยวกับโรงงานอุตสาหกรรมปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตอนกลางคืนเป็นประจำ ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นส่งผลให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพของประชาชน
	ใช้ของเหลวและสารอื่น ๆ ร่วมด้วย	เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบและสร้างชิ้นงาน		ไดออกไซด์	<u>ชิ้นงานที่ผู้เรียนต้องปฏิบัติ</u> รูปแบบเครื่องมือกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์
2) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องมลพิษทางดิน (5 ชั่วโมง)	ความรู้ทางเคมีเรื่องการปรับปรุงคุณภาพดินให้	การสืบค้นข้อมูล และการเลือกใช้เครื่องมือต่าง ๆ	ออกแบบและสร้างชิ้นงานโดยใช้กระบวนการเชิงวิศวกรรม*	คำนวณหาปริมาณสารเคมีและวัสดุต่าง ๆ	กรมพัฒนาที่ดินได้สำรวจดินในจังหวัดพิษณุโลก พบว่ามีความเป็นกรดสูงเพราะทำนาในระบบเกษตรเคมีอย่างเข้มข้นส่งผลให้ดินมีสภาพเสื่อมโทรมเมื่อนำดินไปตรวจสอบผลปรากฏว่าระดับค่า pH อยู่ในระดับต่ำมาก (4.25)
	เป็นกลาง	เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบและสร้างชิ้นงาน			<u>ชิ้นงานที่ผู้เรียนต้องปฏิบัติ</u> แบบจำลองการปรับปรุงให้ดินเป็นกลาง pH 7

วจนร ปฏิบัติการ	ขอบเขตเนื้อหาสะเต็มศึกษา				สถานการณ์ที่กำหนดให้
	วิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรมศาสตร์	คณิตศาสตร์	
3) แผนกร จัดการ เรียนรู้ที่ 3 เรื่องมลพิษ ทางน้ำ (3 ชั่วโมง)	ความรู้ทาง เคมีเรื่องการ กรองสารดัก ความขุ่นรวม ถึงการเลือก ขนาดและรู พรุนของวัสดุ ที่ใช้ในการ กรอง	การสืบค้นและ การเลือกใช้ เครื่องมือให้ เหมาะสมเพื่อ นำมาใช้ในการ ออกแบบชิ้น- งานสำหรับแก้ ปัญหาเรื่องมล- พิษทางน้ำ	ออกแบบและ สร้างชิ้นงานโดย ใช้กระบวนการ ออกแบบเชิง วิศวกรรม*	คำนวณหา ขนาดของ เครื่องกรอง และปริมาณ วัสดุที่จะทำ ไส้กรองใน แต่ละชั้น	เกิดน้ำท่วมที่บางระกำพิษณุโลก และท่วมขังนานส่งผลให้น้ำ ค่อนข้างขุ่นมีสีน้ำตาลแดง มีเศษ ดิน โคลน ไปไม่ขยะปนและส่ง กลิ่นเหม็นไปทั่วบริเวณ ทำให้ ชาวบ้านไม่มีน้ำสะอาดที่จะใช้ใน การอุปโภค เช่น ชักล้าง รดน้ำ ต้นไม้ เป็นต้น” <u>ชิ้นงานที่ผู้เรียนต้องปฏิบัติ</u> อุปกรณ์ที่จะช่วยให้น้ำใสขึ้น

\*กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมี 5 ขั้นตอนคือ 1) ขั้นตอนหาปัญหา 2) ขั้นตอนสร้างแนวคิด 3) ขั้นตอนเลือกแนวคิดที่ดีที่สุด 4) ขั้นตอนวางแผนลงมือปฏิบัติ 5) ขั้นตอนตรวจสอบและปรับปรุง

\*\*แต่ละแผนจะใช้เวลาที่ใช้ในการดำเนินงานจะไม่เท่ากัน เนื่องจากแต่ละกิจกรรมมีชิ้นงานที่ผู้เรียนต้องออกแบบและสร้าง ชิ้นงานมีความยาก-ง่ายแตกต่างกัน จึงทำให้เวลาที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรมไม่เท่ากันในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

2.2 แบบบันทึกสะท้อนผล ผู้วิจัยสร้างแบบบันทึกสะท้อนผลมีลักษณะการเขียนบรรยายเป็นข้อๆ ตามคำถามที่ตั้งไว้คือ การจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมหรือไม่ อย่างไร การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสามารถพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียนได้หรือไม่ อย่างไร ปัญหาและอุปสรรคที่พบระหว่างการจัดการเรียนรู้ แนวทางแก้ปัญหา และข้อเสนอแนะ จากนั้นหาคุณภาพแบบบันทึกสะท้อนผล โดยให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสอนวิทยาศาสตร์/วิทยาศาสตร์ศึกษาวิทยาศาสตร์ (เคมี) และครูประจำการเพื่อตรวจสอบข้อบกพร่องโดยใช้เทคนิค เทคนิคการสนทนาแลกเปลี่ยนข้อมูลกับผู้เชี่ยวชาญ (peer debriefing) พบว่าต้องปรับแก้คำถาม เมื่อปรับแก้แล้วจึงนำไปใช้สะท้อนผลการจัดการเรียนรู้หลังจากสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผน

2.3 แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือมีลักษณะแบบกึ่งโครงสร้างคือ มีแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) ระดับต่ำ กลาง และสูงของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และเขียนบรรยายลักษณะพฤติกรรมของผู้เรียนที่สังเกตได้เพื่อให้ง่ายต่อการใช้ในขณะที่มีการจัดการเรียนรู้ จากนั้นหาคุณภาพเครื่องมือโดยเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญทางด้านการศึกษา และด้านวิทยาศาสตร์(เคมี) เพื่อตรวจสอบข้อบกพร่องโดยใช้เทคนิค peer debriefing ได้รับคำแนะนำในการปรับคำถามที่ใช้ จากนั้นจึงนำมาปรับแก้ แล้วไปใช้สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนระหว่างที่ดำเนินการจัดการเรียนรู้ในแต่ละครั้ง

### 3. การรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่วันที่ 6 - 28 กุมภาพันธ์ 2560 เป็นเวลาจำนวน 12 ชั่วโมง เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบบันทึกสะท้อนผล และแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

#### 4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาผลของแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) ดังนี้

4.1 เมื่อทำการเก็บรวบรวมข้อมูลแล้ว ผู้วิจัยอ่านข้อมูลทั้งหมดจากเครื่องมือวิจัยทั้งหมด

4.2 รวบรวมข้อมูลที่สามารถนำมาตอบคำถามวิจัยในแต่ละวงจรปฏิบัติการได้แก่ 1) การจัดการเรียนรู้สามารถพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือหรือไม่ อย่างไร 2) ปัญหาที่พบระหว่างการจัดการเรียนรู้ และ 3) การปรับปรุงชั้นการจัดการเรียนรู้ จากนั้นจัดให้เป็นหมวดหมู่เดียวกันเพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์และอภิปรายผล

4.3 ผู้วิจัยใช้เครื่องมือหลากหลายเพื่อความน่าเชื่อถือ โดยการตรวจสอบข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีสามเส้า (Triangulation) แบบ Method triangulation โดยใช้แบบบันทึกสะท้อนผล และแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือและใช้วิธี Resource triangulation จากผู้วิจัยและครูประจำการจากนั้นนำมาวิเคราะห์โดยการตีความข้อมูลจากแบบบันทึกสะท้อนผลของผู้วิจัยและครูประจำการว่าในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนรู้เกิดปัญหาอะไรบ้าง มีข้อดี-ข้อเสียและควรมีการปรับปรุงชั้นการจัดการเรียนรู้แต่ละขั้นอย่างไร จากนั้นจึงตีความจากในใบกิจกรรมของผู้เรียนว่าการจัดการเรียนรู้นี้ควรมีการปรับปรุงกิจกรรมหรือไม่ อย่างไร และตีความจากแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือว่าในแต่ละขั้นการจัดการเรียนรู้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมอย่างไร

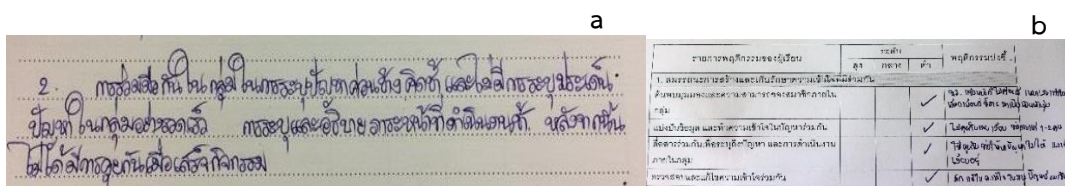
4.4 วิเคราะห์ในภาพรวมว่าการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ควรมีการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นเป็นอย่างไร

#### ผลการวิจัย

การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่องเคมีสิ่งแวดล้อมผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้เป็นวงจรปฏิบัติการ จำนวน 3 วงจรปฏิบัติการซึ่งมีการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นคือ ขั้นค้นหาปัญหา ขั้นสร้างแนวคิด ขั้นเลือกแนวคิดที่ดีที่สุด ขั้นวางแผนลงมือปฏิบัติและขั้นตรวจสอบและปรับปรุง โดยมีผลวิจัยดังนี้

##### วงจรปฏิบัติการที่ 1

1. **ขั้นค้นหาปัญหา (Ask):** สำหรับขั้นนี้ผู้วิจัยจะสร้างความสนใจของผู้เรียน และให้ผู้เรียนแต่ละคนอ่านสถานการณ์ที่เรื่อง มลพิษทางอากาศ พร้อมทั้งระบุว่าปัญหาที่เกิดขึ้นคืออะไรด้วยตนเองก่อน หลังจากนั้นจึงนำมาร่วมกันอภิปรายและระดมความคิดร่วมกันภายในกลุ่มว่าปัญหาใดเหมาะสมที่สุดกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ จากการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนพบว่าผู้เรียนมีความสนใจ และกระตือรือร้นในการเรียนค่อนข้างน้อย บางกลุ่มไม่ช่วยกันอภิปรายเพื่อระบุปัญหา นอกจากนี้การแบ่งหน้าที่ในการทำงานของผู้เรียน พบว่าผู้เรียนเกิดความสับสนไม่ทราบว่าตนเองจะต้องทำหน้าที่อะไรบ้าง เพราะไม่ได้แบ่งหน้าที่กันก่อนเริ่มทำกิจกรรม



รูปที่ 2a แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของครูประจำการ และรูปที่ 2b ของผู้วิจัย



2. **ขั้นสร้างแนวคิด (Imagine):** ผู้เรียนจะร่วมกันสืบค้นเพื่อหาแนวทางที่เป็นไปได้ทั้งหมด เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ พบว่าการที่ผู้วิจัยเตรียมเว็บไซต์ที่มีประโยชน์ให้แก่ผู้เรียน ส่งผลให้ผู้เรียนไม่หาข้อมูลเพิ่มเติมและผู้เรียนบางคนไม่ช่วยสมาชิกในกลุ่มสืบค้นอีกทั้งยังมีการสื่อสารร่วมกันน้อย หรือบางกลุ่มไม่มีการสื่อสารร่วมกัน

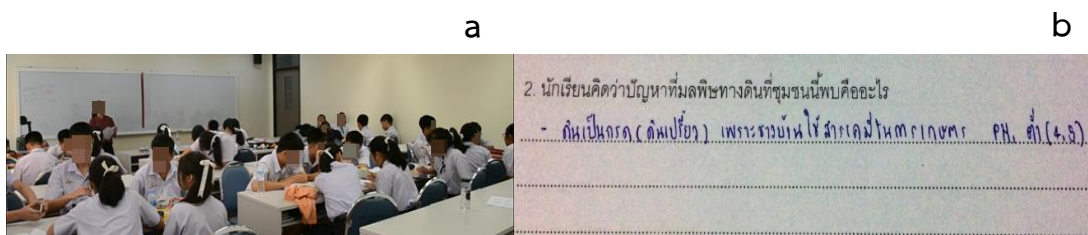
3. **ขั้นเลือกแนวคิดที่ดีที่สุด (Plan):** สำหรับขั้นนี้ผู้เรียนแต่ละคนจะนำข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นมารวมกับสมาชิกในกลุ่มเพื่อดูว่าจะมีแนวทางใดที่สามารถนำมาแก้ปัญหาได้ จากนั้นผู้เรียนจะร่วมกันอภิปรายและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันอย่างมีเหตุผลว่าวิธีการใดจะดีที่สุดและเหมาะสมที่สุด เพื่อนำมาออกแบบและสร้างชิ้นงานซึ่งพบว่าผู้เรียนมีการสื่อสารพูดคุยกันในการเลือกแนวทางน้อย บางกลุ่มไม่มีการสื่อสารมีผู้เรียน 1-2 คนเป็นคนตัดสินใจเลือกเพราะสมาชิกในกลุ่มไม่ช่วยกันแสดงความคิดเห็น

4. **ขั้นวางแผนลงมือปฏิบัติ (Create):** ในขั้นนี้ผู้เรียนจะร่วมกันออกแบบชิ้นงานตามแนวทางที่ผู้เรียนได้เลือกไว้ พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่ค่อนข้างที่จะให้ความร่วมมือกับกลุ่มของตนเองโดยมีการพูดคุย อภิปราย และช่วยกันออกแบบรูปแบบเครื่องมือมาใช้ในการแก้ปัญหา แต่มีบางกลุ่มเท่านั้นที่ไม่ช่วยกันทำงาน ส่งผลให้ทำงานค่อนข้างล่าช้า

5. **ขั้นตรวจสอบและปรับปรุง (Improve):** ในขั้นนี้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะนำเสนอผลงานของกลุ่มตนเอง หลังจากนั้นมีการถาม-ตอบข้อซักถาม และทำการโหวตว่าวิธีการแก้ปัญหาของกลุ่มใดที่สามารถแก้ปัญหามลพิษได้ดี และมีความคุ้มค่ามากที่สุดพบว่าผู้เรียนไม่ร่วมแสดงความคิดเห็น หรือให้คำแนะนำกับกลุ่มที่นำเสนอ อีกทั้งในช่วงการโหวตผู้เรียนแย่งกันตอบในการหาวิธีที่ดีที่สุดและเหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหาทำให้เกิดความวุ่นวาย และได้ข้อสรุปล่าช้ากว่าที่กำหนด

## วงจรปฏิบัติการที่ 2

1. **ขั้นค้นหาปัญหา (Ask):** พบว่าผู้เรียนได้แบ่งหน้าที่ในการทำงานก่อนเริ่มกิจกรรม รวมทั้งผู้เรียนมีความสนใจและมีความกระตือรือร้นในการเรียนเพิ่มขึ้นกว่าเดิม เนื่องจากผู้วิจัยให้ผู้เรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับปัญหามลพิษที่เกิดขึ้นและการเล่นเกมก่อนทำกิจกรรม ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนฝึกพัฒนากระบวนการตั้งข้อสังเกต กระบวนการคิด และสร้างความคุ้นเคยกับสมาชิกภายในกลุ่มมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้ผู้เรียนร่วมกันระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ดีขึ้นกว่าเดิม

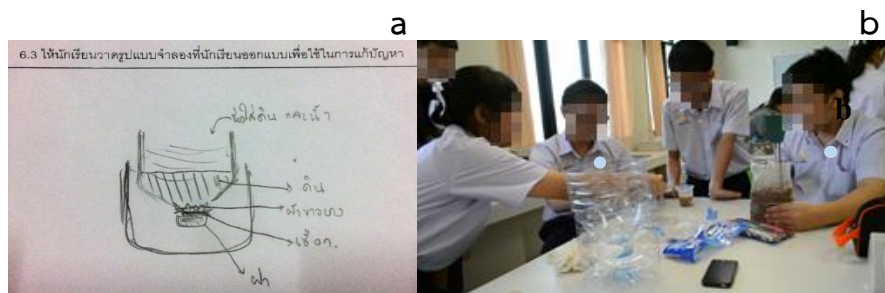


รูปที่ 3a การอภิปรายร่วมกันของผู้เรียน และรูปที่ 3b ตัวอย่างการระบุปัญหาในใบบันทึกกิจกรรมของผู้เรียน

2. **ขั้นสร้างแนวคิด (Imagine):** ผู้เรียนร่วมกันหาแนวทางที่ดีที่สุดในการแก้ปัญหาร่วมกันมากขึ้นกว่าวงจรปฏิบัติการที่ 1 อีกทั้งมีการค้นคว้าเพิ่มเติมจากเว็บไซต์อื่นนอกเหนือจากที่ผู้วิจัยได้ให้จากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือได้นอกจากนี้ยังพบว่าบางกลุ่มมีการวางกรอบในการสืบค้นหาข้อมูลมากขึ้นและให้ผู้เรียนแต่ละคนเขียนแนวทางในการแก้ปัญหาลงในสมุดก่อนอภิปรายร่วมกับเพื่อนในกลุ่ม ทำให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นมากขึ้น

**3. ขั้นเลือกแนวคิดที่ดีที่สุด (Plan):** พบว่าผู้เรียนส่วนมากมีการสื่อสารพูดคุยกันในการเลือกแนวทางมากขึ้น มีการระดมความคิด ให้ข้อเสนอแนะและบอกข้อดี-ข้อเสียของแต่ละวิธีเพื่อให้ได้นำมาซึ่งแนวทางที่จะช่วยในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด แต่ยังมีบางกลุ่มที่จะมีแค่หัวหน้ากลุ่ม และสมาชิกในกลุ่ม 2-3 คนเท่านั้นที่ช่วยกันระดมความคิด

**4. ขั้นวางแผนลงมือปฏิบัติ (Create):** พบว่ามีการวางแผนการดำเนินงานดีมากเพิ่มขึ้นกว่าเดิม และหัวหน้ากลุ่มมีบทบาทมากที่สุดในขั้นนี้ที่ช่วยวางแผนและคอยกระตุ้นการทำงานของสมาชิกในกลุ่มให้ปฏิบัติหน้าที่ของตนได้เป็นอย่างดี และในการวาดออกแบบชิ้นงานพบว่าบางกลุ่มมีการเปรียบเทียบชิ้นงานกับสถานการณ์จริง นอกจากนี้ยังพบว่าบางกลุ่มเตรียมอุปกรณ์มาไม่ครบ หรือทำงานล่าช้าจึงทำให้ใช้เวลาเกินกว่าที่ผู้วิจัยกำหนดไว้



รูปที่ 4a ตัวอย่างการออกแบบชิ้นงานของผู้เรียนและรูปที่ 4b ผู้เรียนวางแผนและดำเนินการทำแบบจำลอง

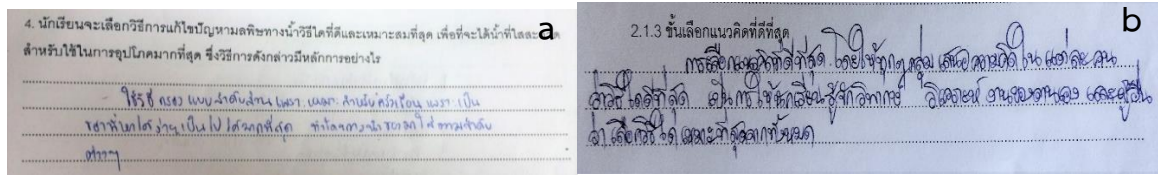
**5. ขั้นตรวจสอบและปรับปรุง (Improve):** พบว่าผู้เรียนได้รับฟังข้อเสนอแนะต่าง ๆ และสามารถร่วมกันวิเคราะห์และระบุจุดบกพร่องผลงานของตนเองได้เพื่อนำไปปรับปรุงผลงานของตนเองให้ดีกว่าเดิมได้ และการจัดกระบวนการคำถาม-ตอบข้อซักถามของผู้เรียนโดยใช้วิธีการสุ่มปลายกลุ่มของตนเองก่อนที่จะมีข้อซักถามหรือให้ข้อเสนอแนะ ทำให้เกิดความเป็นระเบียบและการดำเนินงานรวดเร็วมากขึ้นกว่าวงจรปฏิบัติที่ 1

### วงจรปฏิบัติที่ 3

**1. ขั้นค้นหาปัญหา (Ask):** สำหรับวงจรปฏิบัติที่ 3 ซึ่งมีข้อจำกัดทางเวลาพบว่าผู้เรียนรักษาเวลาในการทำงานได้ดีขึ้น และผู้เรียนให้ความสนใจในกิจกรรมมากกว่าในวงจรปฏิบัติที่ 1 และ 2 คือ ผู้เรียนมีความสนใจ และมีความกระตือรือร้น อีกทั้งยังมีการสื่อสารโต้แย้งร่วมกันมากขึ้นที่จะช่วยกันระบุปัญหาว่าเกิดจากสาเหตุใดที่เหมาะสมกับสถานการณ์นี้มากที่สุด

**2. ขั้นสร้างแนวคิด (Imagine):** พบว่าผู้เรียนมีกระบวนการทำงานเป็นทีมมากขึ้น โดยการร่วมกันสืบค้นหาแนวทางต่าง ๆ มีการพูดคุยอภิปรายร่วมมือกัน และผู้เรียนเกือบทุกกลุ่มมีการพูดคุยกันเพื่อวางขอบเขตในสิ่งที่สืบค้นส่งผลให้ผู้เรียนสืบค้นร่วมกันได้ตรงตามที่ต้องการซึ่งเป็นการช่วยลดระยะเวลาในการดำเนินงาน แต่ก็ยังพบว่าผู้เรียนบางกลุ่มสืบค้นข้อมูลในการแก้ปัญหาจากแหล่งข้อมูลได้ไม่หลากหลาย

**3. ขั้นเลือกแนวคิดที่ดีที่สุด (Plan):** พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีการระดมความคิด ร่วมพูดคุย ได้แย้งว่าจะเลือกวิธีใดมาช่วยทำให้น้ำขุ่นเปลี่ยนเป็นน้ำใสมากยิ่งขึ้นกว่าทุกวงจรปฏิบัติการ ซึ่งในครั้งนี้จะพบว่าในแต่ละกลุ่มผู้เรียนเพียง 1-2 คนเท่านั้นที่ไม่ร่วมระดมความคิดเห็นกับสมาชิกในกลุ่ม



รูปที่ 5a ตัวอย่างการเลือกแนวทางในการแก้ปัญหาของผู้เรียนและ รูปที่ 5b บันทึกสะท้อนผลของครูประจำการ

4. **ขั้นวางแผนลงมือปฏิบัติ (Create):** พบว่าผู้เรียนควบคุมเวลาในการออกแบบและประดิษฐ์ชิ้นงานได้เป็นอย่างดี และมีความกระตือรือร้นในการทำงานมากเป็นพิเศษ เนื่องจากมีการแข่งขันร่วมด้วยอีกทั้งทุกคนในกลุ่มให้ความร่วมมือกันในการวางแผน เลือกว่าวัสดุอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้ได้เป็นอย่างดี และมีการเปรียบเทียบชิ้นงานกับสถานการณ์จริงมากขึ้นอีกทั้งยังพบว่าผู้เรียนมีการแก้ปัญหาในขณะที่ดำเนินงานได้ดีและรวดเร็วมากขึ้นโดยมีการระดมความคิดเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงาน

5. **ขั้นตรวจสอบและปรับปรุง (Improve):** เนื่องจากมีการแข่งขันจึงทำให้กิจกรรมในวงจรนี้แตกต่างจากวงจรอื่น ๆ คือ ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะนำชิ้นงานมาทำการแข่งขันกันว่าชิ้นงานกลุ่มใดจะมีประสิทธิภาพมากที่สุด จากนั้นกลุ่มที่ชนะจะนำเสนอผลงานของตนเอง ตามด้วยการถาม - ตอบข้อซักถามและข้อเสนอแนะจากผู้วิจัย ครูร่วมสะท้อนผล และผู้เรียนกลุ่มอื่น เนื่องจากวงจรปฏิบัตินี้มีข้อจำกัดด้านเวลาจึงให้กลุ่มอื่นนำเสนอโดยผ่านทางโซเชียลมีเดีย (Social media) จากการสะท้อนผลพบว่าขั้นนี้เป็นการแก้ปัญหาที่ดีที่มีการใช้โซเชียลมีเดียมาช่วย แต่ก็มีข้อเสียในเรื่องของการไม่ได้รับฟังข้อเสนอแนะและข้อดี - ข้อเสียของชิ้นงานจากกลุ่มอื่น



รูปที่ 6a ผู้เรียนจะทำการแข่งขันเครื่องกรองน้ำและ รูปที่ 6b การอัปโหลดวิดีโอนำเสนอผลงานใน Facebook

จากที่กล่าวในข้างต้นจะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสามารถส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียนได้ โดยมีการจัดการเรียนรู้ใน 5 ขั้นตอนไปนี้

- 1) **ขั้นค้นหาปัญหา:** ผู้สอนต้องให้ผู้เรียนแบ่งหน้าที่ภายในกลุ่มก่อนดำเนินกิจกรรม เพื่อให้แต่ละคนได้รับรู้หน้าที่ของตนเอง หลังจากนั้นจึงให้ผู้เรียนอ่านสถานการณ์ที่กำหนดให้ และลองวิเคราะห์ปัญหาด้วยตนเองก่อนนำเสนอความคิดของตนเองให้กับสมาชิกในกลุ่มเพื่อช่วยกันเลือกว่าปัญหาใดที่เหมาะสมกับสถานการณ์ที่กำหนดให้มากที่สุด
- 2) **ขั้นสร้างแนวคิด:** ผู้สอนควรจะให้ผู้เรียนร่วมกันสืบค้น และกระตุ้นให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มสื่อสารร่วมกันเพื่อเป็นกรอบแนวทางในการสืบค้น ซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนสืบค้นได้ตรงประเด็นและมีความรวดเร็วในการสืบค้นมากยิ่งขึ้น
- 3) **ขั้นเลือกแนวคิดที่ดีที่สุด:** ผู้สอนควรกระตุ้นให้ผู้เรียนร่วมกันสื่อสาร และอภิปรายร่วมกันเพื่อให้ผู้เรียนได้เสนอข้อคิดเห็น จากนั้นจึงถามแต่ละกลุ่มว่าจะเลือกแนวทางใดที่จะใช้ในการแก้ปัญหาหน้าชั้นเรียน เพื่อให้ผู้เรียนทุกคนได้มีการเปรียบเทียบว่าแต่ละกลุ่มใช้วิธีใดบ้าง

4) **ขั้นวางแผนลงมือปฏิบัติ:** ผู้เรียนจะต้องช่วยกันออกแบบ และประดิษฐ์ชิ้นงานจริงเพื่อนำมาแก้ปัญหา ผู้สอนควรมีการกำหนดเวลาเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความกระตือรือร้นในการปฏิบัติงานเมื่อผู้เรียนเกิดปัญหาระหว่างดำเนินงานผู้สอนควรจะให้ผู้เรียนระดมความคิดแก้ปัญหาด้วยตนเองก่อน หากผู้เรียนยังแก้ไม่ได้ผู้สอนจึงควรเข้าไปให้คำแนะนำ

5) **ขั้นตรวจสอบและปรับปรุง:** ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะนำเสนอผลงานของตนเอง และมีช่วงในการถาม-ตอบท้ายการนำเสนอ โดยขั้นนี้ผู้สอนควรมีการวางแผนระบบในการนำเสนอของผู้เรียนเพื่อให้มีความเป็นระเบียบเรียบร้อยมากยิ่งขึ้น

### สรุปและอภิปรายผล

จากผลการวิจัยเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในเรื่องเคมีสิ่งแวดล้อมสามารถพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้ โดยการเรียนรู้ต้องมีผู้เรียนเป็นศูนย์กลางในการเรียนรู้ส่วนผู้สอนจะทำหน้าที่เป็นผู้ชี้แนะ หรือให้คำปรึกษาเท่านั้น และผู้สอนควรให้ผู้เรียนแสดงศักยภาพในกระบวนการทำงานอย่างเต็มที่ เพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้วิจารณญาณในการคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างอิสระเพื่อให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง และช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ร่วมกันฝึกคิดหาวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนมีพัฒนาการของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Concordia University (2016) ที่กล่าวว่าการเรียนการสอนที่มีผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ทำให้ผู้เรียนกับผู้สอนได้ทำงานร่วมกัน อีกทั้งยังทำให้ผู้เรียนเรียนรู้ทักษะการสื่อสารและการทำงานร่วมกันที่สำคัญได้เรียนรู้ถึงกระบวนการทำงานเป็นกลุ่มรวมถึงผู้เรียนให้ความสนใจในกิจกรรมการเรียนรู้มากขึ้นเวลามีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นและ Hesse, Care, Buder, Sassenberg and Griffin (2015, as cited in Care and Griffin, 2015, p.371) ที่กล่าวว่าเมื่อผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสังคม และสามารถร่วมกันแก้ปัญหาร่วมกับผู้อื่นจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือขึ้น

ก่อนการทำกิจกรรมทั้งหมดผู้สอนควรให้ผู้เรียนได้แบ่งบทบาทหน้าที่ของสมาชิกภายในกลุ่ม เพราะจะทำให้ผู้เรียนได้รู้หน้าที่ของตนเอง เมื่อถึงเวลาในการดำเนินงานภายในกลุ่มจะได้ไม่เกิดปัญหา และความล่าช้าที่อาจจะเกิดขึ้นสำหรับขั้นตอนในการทำกิจกรรมของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในเรื่องเคมีสิ่งแวดล้อมจะมี 5 ขั้นตอนคือ

1. **ขั้นค้นหาปัญหา**ในขั้นนี้ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในสมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน กล่าวคือ ผู้เรียนต้องร่วมกันระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่ผู้สอนได้กำหนดให้ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง ใกล้ตัวผู้เรียน เช่น ชาวทางสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในจังหวัดที่ผู้เรียนอาศัยอยู่ และมีความสอดคล้องกับรายวิชา เป็นต้น ซึ่งสถานการณ์เหล่านี้จะช่วยกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนให้มากยิ่งขึ้น ส่งผลให้ผู้เรียนมีการระดมความคิด มีการสื่อสารและอภิปราย มีการแลกเปลี่ยนมุมมองความคิดที่แตกต่างกันภายในกลุ่ม ทำให้ผู้เรียนได้เห็นปัญหาที่หลากหลาย และช่วยกันหาข้อสรุปเพื่อระบุปัญหาที่เหมาะสมที่สุดกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งสอดคล้องกับ Michael (2004) ที่กล่าวว่า การนำสถานการณ์ในชีวิตจริงมาผนวกเข้ากับการเรียนการสอน จะทำให้เนื้อหาเข้าใจง่ายขึ้นและทำให้ผู้เรียนเห็นภาพตัวอย่างในชีวิตจริงได้อย่างชัดเจน และ InTeGrate (n.d.) ที่กล่าวว่าตัวอย่างปัญหาในชีวิตจริงช่วยให้เกิดความรู้และทักษะที่เป็นรูปธรรม ทำให้ผู้เรียนเกิดการคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์และยังทำให้เกิดการบูรณาการความรู้เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้ ซึ่งในขั้นนี้ผู้สอนควรให้ผู้เรียนระบุปัญหาเป็นรายบุคคลก่อนนำไปอภิปรายร่วมกับสมาชิกภายในกลุ่ม ทำให้ผู้เรียนแต่ละคนได้ทำความเข้าใจในความคิดของตนเองว่าปัญหาที่เกิดขึ้นคืออะไร จากนั้นจึงหาข้อมูลมาสนับสนุนความคิดของตนเองหลังจากนั้นจึงนำไปอภิปรายร่วมกับสมาชิกในกลุ่ม จึงทำให้

ผู้เรียนมีการแลกเปลี่ยนข้อมูล และทำความเข้าใจปัญหาาร่วมกัน ส่งผลให้ข้อสรุปของปัญหานั้นมีความถูกต้องไม่ผิด ประเด็น

2. **ขั้นสร้างแนวคิด** ขั้นนี้ช่วยส่งเสริมสมรรถนะในด้านการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน และด้านการสร้างและรักษาระเบียบกลุ่ม กล่าวคือในขั้นนี้ผู้เรียนต้องสืบค้นหาข้อมูลเพื่อหาแนวทางที่ใช้ในการแก้ปัญหาาร่วมกัน เพราะจะทำให้เกิดมุมมองในการแก้ปัญหาหลายด้าน และส่งผลให้สามารถร่วมกันสืบค้นหาแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างหลากหลายมากขึ้น (OECD, 2013) โดยผู้เรียนจะต้องคำนึงถึงข้อดี-ข้อเสียของแนวทางนั้น รวมถึงความคุ้มค่าและความเป็นไปได้ด้วย ซึ่งผู้เรียนที่ทำหน้าที่ในการสืบค้นจะเป็นคนบอกขอบเขตในการสืบค้นให้แก่สมาชิกในกลุ่ม ดังนั้นเพื่อเป็นการลดเวลาในการสืบค้นผู้สอนอาจมีตัวอย่างเว็บไซต์ที่ผู้เรียนสามารถใช้สืบค้นข้อมูลได้ แต่ผู้สอนควรให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลจากเว็บไซต์อื่นนอกเหนือจากที่ผู้สอนกำหนดให้หรือจากแหล่งข้อมูลอื่น นอกจากนี้ผู้สอนควรให้ผู้เรียนได้สืบค้นจากเว็บไซต์ที่มีความน่าเชื่อถือและให้หาข้อมูลที่หลากหลายมากที่สุด ซึ่งทำให้ผู้เรียนได้แนวทางในการแก้ปัญหาที่หลากหลายก่อนนำมาสรุปหาแนวทางในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด

3. **ขั้นเลือกแนวคิดที่ดีที่สุด (Plan)** ช่วยส่งเสริมสมรรถนะการเลือกวิธีการดำเนินงานที่เหมาะสมกับการแก้ปัญหา ในขั้นนี้ผู้เรียนจะร่วมกันเลือกวิธีการในการแก้ปัญหาที่ได้สืบค้น เพื่อนำมาหาข้อสรุปและหาวิธีการในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดเพราะการแก้ปัญหานั้นจำเป็นจะต้องมีหลายคนช่วยกันแก้ปัญหา หากมีเพียงคนเดียวหนึ่งคิดแก้ปัญหา จะทำให้มีแนวทางในการแก้ปัญหาที่จำกัด และไม่หลากหลาย ส่งผลให้วิธีการแก้ปัญหานั้นไม่มีประสิทธิภาพ (OECD, 2013) ทั้งนี้ผู้สอนควรกระตุ้นให้ผู้เรียนระดมความคิดและแสดงความคิดเห็นร่วมกันให้มากขึ้น เพื่อช่วยให้ผู้เรียนได้สื่อสารร่วมกันในการเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ และอาจมีการให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียนเพื่อช่วยแนะแนวทางให้แก่ผู้เรียนว่าแนวทางที่ผู้เรียนเลือกนั้นเหมาะสมสำหรับใช้ในการแก้ปัญหาได้มากที่สุด อีกทั้งในขั้นนี้ผู้สอนควรติดตามดูการทำงานของแต่ละกลุ่มว่ามีมีการสื่อสารเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาาร่วมกันหรือไม่ เพราะถ้าหากผู้เรียนไม่ได้ข้อสรุปว่าจะเลือกแนวทางใดในการแก้ปัญหา จะทำให้ผู้เรียนทำกิจกรรมในขั้นต่อไปไม่ได้ ดังนั้นสำหรับกลุ่มที่ไม่ค่อยมีการพูดคุยร่วมกันผู้สอนควรเข้าไปดูและอย่างใกล้ชิด และคอยกระตุ้นให้ผู้เรียนพูดคุยและมีส่วนร่วมแสดงความคิดเห็นกันมากขึ้น สำหรับขั้นนี้มีความจำเป็นอย่างมากที่ผู้เรียนช่วยกันเลือกหาแนวทางในการแก้ปัญหา ทำให้สามารถวิเคราะห์และประเมินได้ว่าแนวทางใดดีและเหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหา (คมเพชร ฉัตรศุภกุล, 2546, น.143)

4. **ขั้นวางแผนลงมือปฏิบัติ**ในขั้นนี้ช่วยส่งเสริมสมรรถนะในด้านการเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมกับการแก้ปัญหา การสร้างและรักษาระเบียบกลุ่ม และการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน กล่าวคือ ผู้เรียนร่วมกันออกแบบชิ้นงาน และในตอนประดิษฐ์ชิ้นงานจริงผู้เรียนปฏิบัติหน้าที่ตามที่ได้รับมอบหมาย ดังนั้นผู้สอนควรกระตุ้นผู้เรียนให้ช่วยกันทำงานมากขึ้นให้อิสระแก่ผู้เรียนในการออกแบบชิ้นงาน และการประดิษฐ์ชิ้นงาน ที่สำคัญควรฝึกให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาร่วมกันเป็นกลุ่มโดยเมื่อชิ้นงานผู้เรียนเกิดปัญหา ไม่บรรลุตามเป้าหมายผู้สอนควรให้ผู้เรียนได้ลองคิดแก้ปัญหาเพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกกระบวนการคิดและพัฒนาผลงานของตนเองอยู่เสมอ รวมถึงเป็นการให้ผู้เรียนค้นพบองค์ความรู้และประสบการณ์ด้วยตนเอง จากการใช้กระบวนการคิดและการแสวงหาความรู้ควบคู่ไปกับการปฏิบัติจริง (ชัยรัชย์ อธิเกียรติ และธนารักษ์ สารเถื่อนแก้ว, 2559)

5. **ขั้นตรวจสอบและปรับปรุง**ขั้นนี้ผู้เรียนจะเกิดสมรรถนะในด้านการเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมกับการแก้ปัญหา การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน สร้างและรักษาระเบียบกลุ่ม ตามลำดับโดยสมรรถนะที่ 1 เกิดเมื่อผู้เรียนนำเสนอหน้าห้องกล่าวคือ ผู้เรียนที่มีหน้าที่ในการนำเสนอได้ปฏิบัติหน้าที่ของตนได้ดี มีการเตรียมข้อมูลมานำเสนอได้เป็นอย่างดี ส่วนสมรรถนะที่ 2 เกิดเมื่อผู้เรียนร่วมกันอภิปรายภายในห้องว่าแบบจำลองของกลุ่มมีความคุ้มค่า

และสามารถนำไปใช้จริงได้และสมรรถนะที่ 3 เกิดเมื่อหลังจากได้ข้อสรุปของห้องและข้อเสนอแนะจากสมาชิกกลุ่มอื่น และผู้วิจัยและครูประจำการแล้ว ผู้เรียนได้นำข้อเสนอเหล่านั้นไปปรับปรุงชิ้นงานร่วมกันภายในกลุ่มของตนเอง ดังนั้น ผู้สอนควรกำหนดเวลาในการนำเสนอของแต่ละกลุ่ม และให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอพร้อมทั้งมีช่วงถาม-ตอบข้อซักถาม หลังการนำเสนอที่กลุ่ม เพราะจะช่วยให้ผู้เรียนไม่สับสนในเนื้อหาการนำเสนอของแต่ละกลุ่ม อีกทั้งช่วงถาม-ตอบ ผู้สอนควรมีการจัดการให้มีการดำเนินงานอย่างเป็นระบบ เช่น จัดทำป้ายสำหรับให้แต่ละกลุ่มยกขึ้นเวลาต้องการแสดงความคิดเห็น เป็นต้น เพื่อไม่ทำให้เกิดความวุ่นวาย หลังจากที่ได้ข้อเสนอนี้แล้วจากสมาชิกกลุ่มอื่นและผู้สอนไปปรับปรุงผลงานของกลุ่มตนเอง ผู้สอนควรให้เวลาแก่ผู้เรียนในการปรับปรุงผลงานของกลุ่มตนเองหากเกิดกรณีเวลาในการนำเสนอของผู้เรียนไม่เพียงพอผู้สอนสามารถใช้โซเชียลมีเดียมาช่วยในการให้ผู้เรียนนำเสนอผลงาน และมาร่วมอภิปรายข้อดี-ข้อเสียผ่านกล่องนำเสนอความคิดเห็นหรือในห้องเรียนได้

จากที่กล่าวมาในข้างต้นผู้สอนควรมีการบริหารจัดการด้านเวลาให้ดี เพื่อให้ในแต่ละชั้นการจัดการเรียนรู้มีระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำกิจกรรม ผู้เรียนจะได้แสดงสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้อย่างเต็มที่ ซึ่งสอดคล้องกับ The Centre for Teaching Excellence (n.d.) ที่กล่าวว่าการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มจะช่วยให้ได้รับข้อเสนอแนะ เพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ซึ่งจะช่วยให้มีการพัฒนาและกลยุทธ์ไปถึงเป้าหมายได้สำเร็จ

## ข้อเสนอแนะ

### ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการเชิงวิศวกรรมสามารถพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้ แต่ต้องมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกและพัฒนาสมรรถนะนี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. กิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการแข่งขันสามารถเป็นตัวกระตุ้นที่ช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้เป็นอย่างดี เพราะผู้เรียนมีแรงจูงใจในการทำงานเพิ่มมากขึ้น

3. สถานการณ์ที่นำมาใช้ควรจะเป็นสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่จะใช้ในการจัดการเรียนรู้ เพราะทำให้ผู้เรียนมีความสนใจและกระตือรือร้นในการเรียนมากขึ้น

### ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. สามารถใช้สะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมพัฒนาการแก้ปัญหาแบบร่วมมืออย่างสร้างสรรค์ได้ เนื่องจากสะเต็มศึกษาส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการคิดค้นนวัตกรรมใหม่ๆ โดยประยุกต์ใช้ความคิดสร้างสรรค์ ร่วมกับการแก้ปัญหาร่วมกันเป็นกลุ่ม

2. การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ผู้สอนควรให้ความรู้เรื่องสะเต็มศึกษาแก่ผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในการเรียนแบบนี้ชัดเจน และควรมีกิจกรรมที่กระตุ้นความสนใจของผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนมีความสนใจในการทำกิจกรรมมากยิ่งขึ้น

### บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์เกษตรกรแห่งประเทศไทย.
- ชันธุ์ชัย อธิเกียรติ, และธนารักษ์ สารเถื่อนแก้ว. (2559). *การสอนแบบทันสมัยและเทคโนโลยีวิธีสอนแนวใหม่*. สงขลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.
- คมเพชร ฉัตรศุภกุล. (2546). *กิจกรรมกลุ่มในโรงเรียน*. กรุงเทพฯ: ธนัชการพิมพ์.
- จรรยาพงษ์ ชลสินธุ์. (2559). *การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์* (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- พูลสุข โปธิรักขิต-ปรัชญานุสรณ์. (2553). *เคมีสิ่งแวดล้อม*. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- ภพ เลหาไพบูลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- ภัสสร ติตมา. (2558). *การจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง STEM Education เรื่องระบบของร่างกายมนุษย์ เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต). พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- วิจารณ์ พานิช. (2555). *วิธีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์.
- วิศรุต เลาะวิลี. (2556). *การจัดการเรียนการสอนศาสตร์สาระอิสลามแบบบูรณาการ*. สืบค้น 21 ธันวาคม 2559, จาก <http://www.skthai.org/index.php?lite=article&qid=42073689>
- ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *รู้จักสะเต็ม*. สืบค้น 15 ตุลาคม 2558, จาก [http://www.stem-edthailand.org/?page\\_id=23](http://www.stem-edthailand.org/?page_id=23)
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2559). *รายงานสภาวะการศึกษาไทยปี 2557/2558 จะปฏิรูปการศึกษาไทยให้ทันโลกในศตวรรษที่ 21 ได้อย่างไร*. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
- สำนักแผนและประกันคุณภาพการศึกษา. (ม.ป.ป.). *การให้การศึกษาสำหรับศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีปทุม.
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2557). *การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทิศทางสำหรับครูศตวรรษที่ 21*. เพชรบูรณ์: จุลติสการพิมพ์.
- สุนีย์ คล้ายนิล, ปรีชาญ เดชศรี, และอัมพิกา ประจิมอนีย์. (2549). *โครงการประเมินผลผู้เรียนนานาชาติ : สมรรถนะการแก้ปัญหาสำหรับโลกในวันพรุ่งนี้*. กรุงเทพฯ: เซเวนเพ้นดิง.
- อภิสิทธิ์ ธงไชย. (2556). เทคโนโลยีและวิศวกรรมคืออะไรในสะเต็มศึกษา. *นิตยสาร สสวท*, 42(185), 35-37
- Angie, T. (2015). Action research: genesis, evolution and orientations. *International Practice Development Journal*, 6, 1-16.
- Care, E. & Griffin, P. (2014). An approach to assessment of collaborative problem solving. *Research and Practice in Technology Enhances Learning*, 9(3), 367-388.
- Concordia University. (2016). *Which is Best: Teacher-Centered or Student-Centered education?*. Retrieved May 8, 2017, from <http://education.cu-portland.edu/blog/classroom-resources/which-is-best-teacher-centered-or-student-centered-education/>

- Hesse, F., Care, E., Buder, J., Sassenberg, K., & Griffin, P. (2015). A Framework for Teachable Collaborative Problem Solving Skills. In P. Griffin & E. Care (Eds.), *Assessment and teaching of 21<sup>st</sup> century skills* (p.37-56). Netherland : Springer.
- InTeGrate. (n.d.). *Use real world examples to teach sustainability*. Retrieved May 8, 2017, from [http://serc.carleton.edu/integrate/teaching\\_materials/real\\_examples.html](http://serc.carleton.edu/integrate/teaching_materials/real_examples.html)
- Michael, T. (2004). *IDEA Item #11: "Related course material to real life situations"* Retrieved May 8, 2017, from <http://www.ideaedu.org/Resources-Events/Teaching-Learning-Resources/Related-course-material-to-real-life-situations>
- Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). (2013). *PISA 2015 draft collaborative problem solving framework*. Paris: OECD.
- Ron, S. (2012). Teaching STEM in the younger grades. *Scholastic Instructor, Spring*, 43-46.
- Science Education Resource Center@ Carleton College. (n.d.). *Use Real World Examples to Teach Sustainability*. Retrieved May 8, 2017, from [http://serc.carleton.edu/integrate/teaching\\_materials/real\\_examples.html](http://serc.carleton.edu/integrate/teaching_materials/real_examples.html)
- The Centre for Teaching Excellence. (n.d.). *Teamwork skills: being an effective group member*. Retrieved May 8, 2017, from <https://uwaterloo.ca/centre-for-teaching-excellence/teaching-resources/teaching-tips/tips-students/being-part-team/teamwork-skills-being-effective-group-member>

### Translated Thai References

- Athikiat, K., & Santhuankaew, T. (2016). *Modern teaching and new teaching technique*. Songkhla: Songkhla Rajabhat University. [in Thai]
- Chatsupakul, K. (2003). *Group Activities in School*. Bangkok: Thanathud printing. [in Thai]
- Cholsind, J. (2016). *The action research for developing stem approach based on engineering design process to promote collaborative problem solving competency in stoichiometry*. (Master's thesis). Phitsanulok: Naresuanuniversity. [in Thai]
- Kijkuakul, S. (2014). *Science learning management for 21<sup>st</sup> century teacher*. Petchaboon: Juldis printing. [in Thai]
- Klaynin, S., Dechsri, P., & Pramojnee, A. (2006). *PISA: Collaborative problem solving competencies for tomorrow world*. Bangkok: Seven printing. [in Thai]
- Laohapiboon, P. (1999). *Scientific Method*. Bangkok: Thaiwattanapanich. [in Thai]
- Lorwithee, W. (2013). *Integrated Islamic teaching and learning management*. Retrieved December, 21, 2016, <http://www.skthai.org/index.php?lite=article&qid=42073689> [in Thai]
- Ministry of Education. (2008). *The basic education core curriculum B.E. 2551*. Bangkok: The agricultural co-operative federation of Thailand. [in Thai]



- Office of the Education Council. (2016). *Status of Thai education in 2557/2558 to reform Thai education in 21<sup>st</sup> century*. Bangkok: Ministry of education.[in Thai]
- Panich, W. (2012). *How to make learning for student in 21<sup>st</sup> century skills*. Bangkok: Sodsri- Saritwong Foundation.[in Thai]
- Prachyanusorn, P., P. (2010). *Environmental chemistry*. Nonthaburi: SukhothaiT hammathirat Open University. [in Thai]
- STEM Education Thailand. (2014). *Introduction of STEM*. Retrieved October, 15,2016, from [http://www.stem-edthailand.org/?page\\_id=23](http://www.stem-edthailand.org/?page_id=23) [in Thai]
- The Office of Planning and Quality Assurance. (n.d.). *Education for 21<sup>st</sup> century*. Bangkok: Sripatum University. [in Thai]
- Tidma, P. (2016). *STEM education in topic of human systems to promote creative thinking of 8<sup>th</sup> grade students* (Master's thesis). Phitsanulok: Naresuanuniversity. [in Thai]
- Tongchai, A. (2013). What is technology and engineering in STEM education?. *IPST magazine*, 42(185), 35-37 [in Thai]