การจัดเตรียมห้องปฏิบัติการทางวิศวกรรมไฟฟ้าเพื่อขอการรับรองหลักสูตรตามมาตรฐาน ABET – กรณีศึกษาจากหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยมหิดล

Electrical Engineering Laboratory Preparation for ABET Accreditation – a Case Study from an Electrical Engineering Program at Mahidol University

มนตรี เกตุสะอาด[1] ธีระยุทธ กลิ่นศรีทอง[2,*] พัฒนาช พัฒนะศรี[3] วรวิทย์ อิศรางกูร ณ อยุธยา[4] เซง เลิศมโนรัตน์[5]
พงศธร เศรษฐีธร[6] เดชา วิไลรัตน์[7] และ สุพรรณ ทิพย์ทิพากร[8]

[1,2,3,4,5,6,7,8] *ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล นครปฐม*
**Corresponding author; E-mail address: trirayut.kli@mahidol.ac.th*

บทคัดย่อ

มาตรฐานการศึกษานานาชาติ Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET) ที่ได้รับการยอมรับ ของประเทศสหรัฐอเมริกา เน้นให้นักศึกษามีผลลัพธ์การเรียนรู้ (Learning Objectives) เพื่อเป็นที่ต้องการของผู้ใช้บัณฑิตหรือผู้ถือผลประโยชน์ร่วม (stakeholders) ทักษะทางวิศวกรรมที่จะฝึกฝนให้นักศึกษามีความรู้เชิงปฏิบัติจะได้จากการทดลองจริงในห้องปฏิบัติการ โดยทาง ABET จะให้ความสำคัญของความปลอดภัยของนักศึกษาเป็นอันดับสูงสุดควบคู่กับความความรู้หรือทักษะที่จะถ่ายทอดแก่นักศึกษาดังกล่าว หากหลักสูตรทางวิศวกรรมนำข้อเน้นปฏิบัติในห้องปฏิบัติการของ ABET มาเป็นแนวทางเพื่อเตรียมความพร้อม แม้ไม่ได้จะขอการรับรอง ABET ก็ตาม ก็จะเป็นแนวทางเพื่อความปลอดภัยให้แก่นักศึกษาในการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการได้อย่างมั่นใจ

บทความนี้จะนำเสนอจากกรณีศึกษาการจัดเตรียมห้องปฏิบัติการของหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยมหิดล ซึ่งเป็นหลักสูตรวิศวกรรมไฟฟ้าแห่งแรกและปัจจุบันเป็นหลักสูตรทางวิศวกรรมไฟฟ้าแห่งเดียวในประเทศไทยที่ผ่านการรับรองจาก ABET โดยนำเสนอข้อแนะนำเพื่อความปลอดภัยของนักศึกษาและประเด็นที่ทาง ABET เน้นให้ความสำคัญในขั้นตอนการประเมินมาตรฐานนี้

คำสำคัญ: ABET, ความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ, ห้องปฏิบัติการทางวิศวกรรมไฟฟ้า

Abstract

Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET), a well-accepted US International Educational Standard, emphasizes that the students in the accredited program attain the desired Learning Objectives to serve the needs of the stakeholders. The students can practice engineering skills from real experiments in laboratories. Safety is considered the utmost priority in the ABET perspectives along with the knowledges or skills. If other engineering programs adopt the ABET laboratory guidelines in their facilities, even though they may not apply for the ABET accreditation, the practices can assuredly bring the laboratory safety for their students.

This paper presents a laboratory preparation case study from the electrical engineering program at Mahidol University, presently the first and the only ABET accredited electrical engineering program in Thailand. The student safety guidelines and the highlighted necessities ABET required in the accreditation process are illustrated.

Keywords: ABET, Laboratory Safety, Electrical Engineering Laboratory

1. คำนำ

การวัดประเมินคุณภาพการศึกษาตามมาตรฐานสากลทางวิศวกรรมที่ได้รับการยอมรับในระดับนานาชาติหนึ่งคือ Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET) ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งมุ่งเน้นวัดผลลัพธ์การเรียนรู้ของหลักสูตรเพื่อตอบสนองความต้องการของ stakeholders (ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย) การเตรียมความพร้อมเพื่อรองรับการรับรองตามมาตรฐาน ABET คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดลได้รับความช่วยเหลือและคำแนะนำจาก Association of Thai Professionals in America and Canada (ATPAC) โดยการสนับสนุนจากกระทรวงอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (อว.) รวมถึงคำแนะนำและแสดงให้เห็นโดยเฉพาะอย่างยิ่งการเตรียมห้องปฏิบัติการอาคารเรียนและระบบและอุปกรณ์สนับสนุนการเรียนรู้ของนักศึกษา (Facilities) จาก BINUS University และ Bandung Institute of Technology ผ่านการศึกษาดูงานมหาวิทยาลัยที่ได้รับการรับรองหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์ตามมาตรฐาน ABET ในประเทศอินโดนีเซีย

หลักสูตรวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยมหิดลได้นำผลลัพธ์การเรียนรู้ (Student Outcome) ข้อ 1-7 ของ ABET มาใช้เป็นผลลัพธ์การเรียนรู้ของหลักสูตรโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงและแก้ไขเพิ่มเติม ในการประเมินผลลัพธ์

การเรียนรู้ของนักศึกษาที่สำเร็จการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการเตรียมความพร้อมของห้องปฏิบัติการและ Facilities โดยตรงคือ ผลลัพธ์การเรียนรู้ในข้อที่ 6 กล่าวไว้คือ

" SO 6 An ability to develop and conduct appropriate experimentation, analyze and interpret data, and use engineering judgment to draw conclusions." [1] หรือ

อีกทั้ง General Criterion (เกณฑ์ทั่วไป) ข้อที่ 7 ของ ABET Accreditation ที่เกี่ยวข้องกับ Facilities ได้ระบุว่า

" Classrooms, offices, laboratories, and associated equipment must be adequate to support attainment of the student outcomes and to provide an atmosphere conducive to learning. Modern tools, equipment, computing resources, and laboratories appropriate to the program must be available, accessible, and systematically maintained and upgraded to enable students to attain the student outcomes and to support program needs. Students must be provided appropriate guidance regarding the use of the tools, equipment, computing resources, and laboratories available to the program."

กล่าวคือในการเตรียมความพร้อมของห้องปฏิบัติการ อาคารเรียน และ Facilities มีหัวข้อที่หลักสูตรและมหาวิทยาลัยต้องพิจารณาดังแสดงในตารางที่ 1 เพื่อขอการรับรองหลักสูตรจาก ABET

ตารางที่ 1 เกณฑ์ของ ABET Accreditation ในเรื่อง Facilities

หัวข้อ	เกณฑ์ของ ABET Accreditation
1.ความปลอดภัยของนักศึกษาและบุคลากรในการใช้ห้องปฏิบัติการและอุปกรณ์เครื่องมือ และประสิทธิภาพในการทำงานและการทดลองรวมถึงการอบรมความปลอดภัยการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือให้นักศึกษา	-ห้องปฏิบัติการและอุปกรณ์เครื่องมือมีความปลอดภัยต่อนักศึกษาและบุคลากร -ต้องมีการจัดการอบรมด้านความปลอดภัยการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือ -จิตสำนึกในความปลอดภัยและการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง
2. ระบบรักษาความปลอดภัยในอาคารเรียนและมหาวิทยาลัย	-มีระบบหรือหน่วยงานตรวจสอบ ดูแลความปลอดภัยของอาคารเรียนและพื้นที่มหาวิทยาลัย
3.การจัดเตรียมห้องปฏิบัติการเพื่อสนับสนุนการเรียนตามแผนการศึกษา รวมถึง เครื่องมือ ซอฟต์แวร์ อุปกรณ์การเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการ	-มีอุปกรณ์ เครื่องมือ คอมพิวเตอร์ และซอฟต์แวร์ เพียงพอเพื่อ รองรับรายวิชาในหลักสูตรและเกิดผลลัพธ์การเรียนรู้ตามเป้าหมายของรายวิชาและหลักสูตร -มีอุปกรณ์ เครื่องมือ การเรียนการสอนที่ทันสมัย (State of the Art)
4.การบำรุงรักษาเครื่องมือ อุปกรณ์การเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการ	-เครื่องมือ อุปกรณ์การเรียนการสอนถูกดูแลรักษาอย่างเป็นระบบ และพัฒนาให้ดีขึ้นเพื่อสามารถสนับสนุนการรียนรู้ของนักศึกษา
5.ระบบสนับสนุนและจัดการการเรียนรู้ของนักศึกษา	-มีระบบสนับสนุนการทำงานของบุคคลากรและสนับสนุนการเรียนรู้ของนักศึกษาตามผลลัพธ์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้

จากเกณฑ์ดังกล่าวนี้ แสดงให้เห็นถึงเจตนารมณ์ของทาง ABET ที่เน้นให้นักศึกษาพัฒนาทักษะการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติ (hand-on skill) ในห้องปฏิบัติการอย่างปลอดภัย มีเครื่องมือที่พร้อม เหมาะสมและทันสมัย มีบรรยากาศเอื้อต่อการเรียนรู้เพื่อให้นักศึกษาบรรลุผลการเรียนรู้ของหลักสูตรที่ตั้งไว้ได้ โดยนักศึกษาต้องได้รับคำแนะนำที่ถูกต้องในการใช้เครื่องมือ/ห้องปฏิบัติการเพื่อการบรรลุวัตถุประสงค์ของหลักสูตร

ความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการและอาคารเรียน เป็นเกณฑ์ที่ ABET Accreditation ในความสำคัญสูงที่สุด ความปลอดภัย (Safety First) เป็นจิตสำนึกและจริยธรรมของวิชาชีพที่สำคัญที่สุดของวิศวกร ความปลอดภัยทางไฟฟ้าในการปฏิบัติการทดลอง กระแสไฟฟ้าเพียง 0.1 แอมแปร์ ในเวลาไม่กี่วินาทีไหลผ่านร่างกาย โดยเฉพาะถ้าผ่านหัวใจ ก็สามารถทำให้จังหวะการเต้นของหัวใจผิดปกติและสามารถให้ผู้รับกระแสไฟฟ้าเข้าร่างกายนั้นสูญเสียชีวิตได้ [2]

บทความนี้จะนำเสนอข้อปฏิบัติเพื่อเตรียมความพร้อมในการขอรับรองหลักสูตร ความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการทางไฟฟ้า เพื่อสอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐาน ABET โดยนำเสนอกรณีศึกษาของภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางในการเตรียมความพร้อมสำหรับห้องปฏิบัติการและอาคารเรียนในหลักสูตรของวิศวกรรมศาสตร์สาขาอื่น ๆ ได้

2. การเตรียมห้องปฏิบัติการทางวิศวกรรมไฟฟ้าเพื่อขอรับรองหลักสูตรตามเกณฑ์มาตรฐาน ABET

2.1 แนวปฏิบัติในการพัฒนาห้องปฏิบัติการทางวิศวกรรมศาสตร์

ในการพัฒนาห้องปฏิบัติการให้มีความปลอดภัยและประสิทธิภาพในการทำงานสามารถนำมาตรฐานมาประยุกต์ใช้หลายมาตรฐานเช่น ESPrel อย่างไรก็ตาม เกณฑ์ของ ABET ไม่ได้กำหนดให้ห้องปฏิบัติการของหลักสูตรต้องผ่านมาตรฐานเหล่านี้ แต่ต้องนำแนวปฏิบัติที่ดี (Best Practice) จากมหาวิทยาลัยชั้นนำและห้องปฏิบัติการในภาคอุตสาหกรรมซึ่งเป็นหน่วยงานผู้ใช้บัณฑิตเป็นแนวทางในการทำงานในห้องปฏิบัติการ จากคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญของ ATPAC การศึกษาการบริหารจัดการความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการในมหาวิทยาลัยชั้นนำในประเทศสหรัฐอเมริกา [2-5] และการแนะนำของคณาจารย์จาก BINUS University และ Bandung Institute of Technology แนวทางที่เหมาะสมสามารถใช้เป็นแนวทางปฏิบัติคือ หลักการ 5ส (5s Methodology) [6-7] ซึ่งประกอบด้วย สะสาง (Sort) สะดวก (Set in order) สะอาด (Shine) สร้างมาตรฐาน (Standardize) สร้างนิสัย (Sustain) แนวทาง 5ส ถูกใช้ในแนวทางพัฒนาห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าดังแสดงในหัวข้อต่อไปนี้

2.2 ความปลอดภัยของนักศึกษาและบุคลากรในการใช้ห้องปฏิบัติการและอุปกรณ์เครื่องมือและประสิทธิภาพในการทำงานและการทดลอง

การพัฒนาห้องปฏิบัติการทางวิศวกรรมไฟฟ้าให้มีความปลอดภัย ภาควิชา ฯ ต้องกำหนดนโยบายด้านความปลอดภัย (Safety Policy) ออกกฎระเบียบ (Rules and Guidelines) ทั้ง กฎระเบียบความปลอดภัยทั่วไป (General Lab Safety Rules) เช่น การแต่งกายของผู้ปฏิบัติงานต้องรัดกุม

ไม่รุ่มร่าม เช่น เมื่อต้องทำการทดลองเกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ที่มีการเคลื่อนไหว อาจดึงเกี่ยวเสื้อให้นักศึกษาเกิดอันตรายได้ การเข้มงวดให้ใช้รองเท้าหุ้มส้นเพื่อป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่วลงดิน การควบคุมไม่ให้นำอาหารและเครื่องดื่มเข้าในห้องปฏิบัติการเพื่อป้องกันไฟฟ้าลัดวงจร การให้ข้อมูลเพื่อให้นักศึกษาแจ้งเหตุผิดปกติ และการแจ้งให้ปิดไฟส่องสว่างและกระไฟฟ้าจ่ายให้อุปกรณ์เสมอเมื่อไม่ใช้ห้อง นอกจากเหตุผลการประหยัดพลังงานจะเป็นการป้องกันการเกิดอัคคีภัยนอกเวลาทำงานของผู้ดูแลห้องปฏิบัติการ ตัวอย่างของกฎระเบียบความปลอดภัยทั่วไปเหล่านี้ที่ติดไว้หน้าประตูทางเข้าและทุกโต๊ะที่ใช้ทำการทดลองแสดงในรูปที่ 1

กฎระเบียบความปลอดภัยทั่วไปของห้องปฏิบัติการนั้นเป็นแนวทางปฏิบัติตามปกติของมหาวิทยาลัยแต่สิ่งที่ต้องจัดทำเอกสารเป็นลายลักษณ์อักษรและจัดการอบรมเพื่อเป็นแนวทางปฏิบัติแก่ห้องปฏิบัติการไฟฟ้าคือ กฎระเบียบความปลอดภัยทางไฟฟ้า (Electrical Safety Guideline) และการตอบสนองต่อเหตุฉุกเฉินทางไฟฟ้า (Electrical Emergency Response) ตัวอย่างของกฎระเบียบความปลอดภัยทางไฟฟ้า

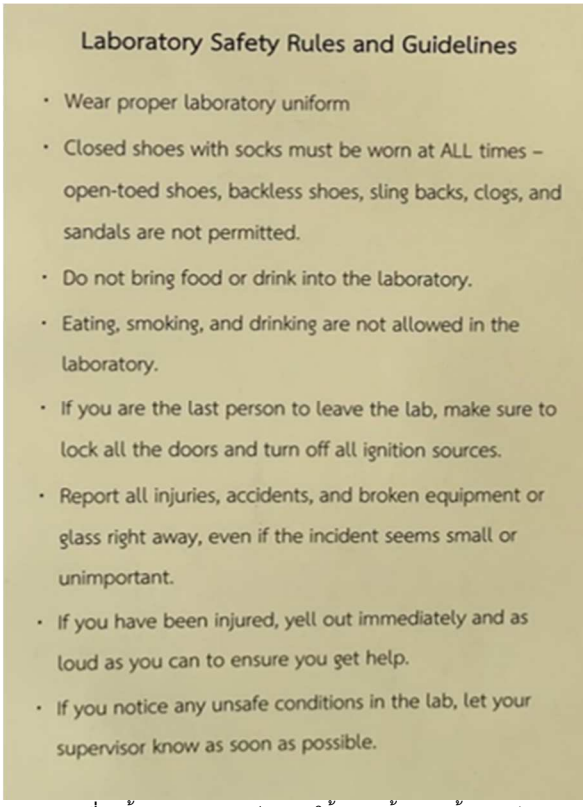
Electrical Safety Guidelines for Laboratories

1. *No power laboratory should be performed without laboratory instructor present.*
2. *Before equipment is made live, circuit connections and layout should be checked by the instructors.*
3. *Never make any changes to circuits without first isolating the circuit by switching off and removing connections to supplies.*
4. *Voltages above 50 Vrms AC or 50 V DC are always dangerous. Extra precautions should be considered as voltage levels are increased.*
5. *Be familiar with the locations and operation of safety and emergency equipment such as emergency power off.*
6. *Remove metal bracelets or watch straps.*
7. *Use extension cords is prohibited unless they are a part of system connection arranged by Lab Manager. Do not use damaged cords, cords that become hot, or cords with exposed wiring. Inform the instructor about damaged cords.*
8. *Aware of the correct handling procedures for batteries, cells, capacitors, inductors and other high energy-storage devices.*
9. *Testing of high energy-storage devices or circuit must be done under safety acrylic barrier.*
10. *Follows Equipment Checklist and pre-tests before using the equipment.*
11. *Students need equipment training certification to use the test equipment without supervisors.*
12. *Test equipment and accessories (test probe, cables, etc.) are not allowed to leave connected and unattended. Students must follow 5S practice to prevent safety issues.*
13. *Students are not allowed to leave EGEE experiments unattended. If for a special reason, it must be left on, with permission from the instructor, a barrier (if required), a warning notice indicating "device under test" and the test time approximation are required.*
14. *Equipment found to be faulty in any way should be reported immediately and not used until it is inspected and declared safe.*
15. *Report accidents as soon as possible to the department chair, department secretary, EGEE technician, or the faculty in charge of the lab.*
16. *Emergency service is available 24 hours a day at Mobile Phone number xx-xxx-xxxx.*

นอกจากการมีแผนการตอบสนองต่อเหตุฉุกเฉินต่อเหตุไฟไหม้ การซ้อมหนีไฟ ภาควิชาฯ หรือหน่วยงานดูแลความปลอดภัยของมหาวิทยาลัยควรจัดทำเอกสาร และจัดการอบรมแก่บุคลากรและนักศึกษาในวิธีการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ให้ปลอดภัย มีแผนการตอบสนองต่อเหตุฉุกเฉินทางไฟฟ้า (Electrical Emergency Response) เช่น การถูกไฟฟ้าช็อต (Electric shock) เช่นการช่วยเหลือและขั้นตอนการปฐมพยาบาลเวลาถูกไฟฟ้าดูดหรือไฟฟ้าช็อต การเกิดไฟไหม้จากระบบไฟฟ้า (Electrical fire hazard) และแผนการตอบสนองต่อเหตุฉุกเฉินจากภัยธรรมชาติเช่น แผ่นดินไหว น้ำท่วมถ้าอยู่ในพื้นที่เสี่ยง

ในการอบรมด้านมาตรการความปลอดภัยแก่นักศึกษานั้น ต้องจัดขึ้นก่อนการใช้งานห้องห้องปฏิบัติการ รูปที่ 2 แสดงการอบรมนักศึกษาในเรื่องความปลอดภัยในการใช้ห้องปฏิบัติการ และหลังการฝึกอบรมนั้นต้องมีการสอบเพื่อวัดผลและบันทึกเก็บไว้ นักศึกษาได้รับอนุญาตให้ใช้ห้องปฏิบัติการทางวิศวกรรมไฟฟ้าและอุปกรณ์และเครื่องมือเมื่อได้รับการรับรองว่าสอบผ่านเรื่องความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

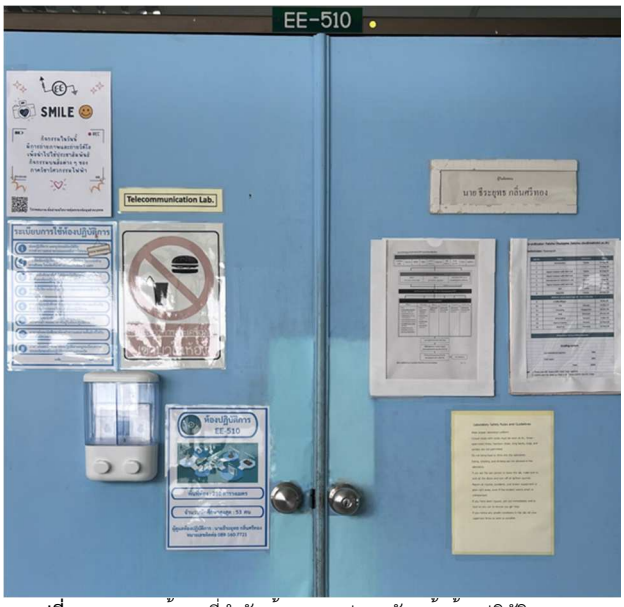
กฎระเบียบและข้อมูลที่สำคัญของห้องปฏิบัติการ เช่น ชื่อของห้องปฏิบัติการ จำนวนนักศึกษาที่ห้องรองรับได้ (Room capacity) จำนวนนักศึกษาต่อโต๊ะทดลอง ผู้รับผิดชอบห้องปฏิบัติการ (Laboratory Manager) และเบอร์โทรศัพท์ผู้ผู้รับผิดชอบ เบอร์ติดต่อในกรณีฉุกเฉินได้ตลอดเวลา ต้องมีการติดไว้ที่หน้าประตูห้องปฏิบัติการเพื่อนักศึกษาสามารถเห็นข้อมูลสำคัญเวลามีเหตุการณ์ฉุกเฉินดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 1 ข้อมูลและกฎระเบียบการใช้งาน หน้าประตูห้องปฏิบัติการ

รูปที่ 2 การแนะนำกฎระเบียบ ความปลอดภัยการใช้ห้องปฏิบัติการ

มาตรการความปลอดภัยภายในห้องปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้าต้องมีการจัดวางอุปกรณ์ภายในห้องจะต้องเป็นระเบียบ ห้องต้องสะอาด ไม่รกสายไฟไม่วาง เกะกะ ไม่มีการวางสายทองแดงเปลือย ควรมีการแก้ไขปรับระดับหรือทาสีเพื่อเตือนไม่ให้นักศึกษาสะดุด ในห้องปฏิบัติการต้องมีการวางระบบดินเพื่อเป็นเส้นทางผ่านของกระแสไฟรั่วไม่ให้เกิดอันตราย ในห้องจะต้องมีชุด First Aid Kit และมีป้ายแสดงขั้นตอนการปฐมพยาบาล



รูปที่ 3 การแสดงข้อมูลที่สำคัญด้านความปลอดภัยหน้าห้องปฏิบัติการ

ภูมิทัศน์ในห้องปฏิบัติงานต้องคำนึงความปลอดภัย เช่น ระดับพื้นนอกห้องต่างกับทางเข้าในห้อง ต้องมีการทาสีริ้วแดงขาวเตือนที่พื้นประตูให้ชัดเจน มีการติดตั้งป้ายแจ้งทางออกฉุกเฉิน บนโต๊ะทดลองมีเฉพาะอุปกรณ์ และเครื่องมือที่จำเป็นต้องใช้งานเท่านั้นดังตัวอย่างแสดงในรูปที่ 4 คู่มือการทดลองประจำโต๊ะและคู่มือใช้งานเครื่องมือ ควรเรียบเรียงในรูปแบบ (Format) ของเอกสารแบบเดียวกันในทุกห้องปฏิบัติการเพื่อให้นักศึกษาคุ้นชินกับรูปแบบของเอกสาร เช่นการแสดงหัวข้อเครื่องมือที่ใช้ความปลอดภัยและข้อระมัดระวังการใช้เครื่องมือในหน้าแรก ๆ ของเอกสาร

รูปที่ 4 โต๊ะทดลองไม่มีของเกะกะ มีมาตรการความปลอดภัยแสดงที่ทุกโต๊ะ

เอกสารต้องถูกจัดวางในตำแหน่งที่เข้าถึงได้และไม่เคลื่อนย้ายที่วางเอกสาร และเครื่องมือบนโต๊ะการทดลองดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 5 หมั่นสังเกตอุปกรณ์ทดลองจะต้องอยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งาน ไม่ชำรุด หากอุปกรณ์ใดชำรุดต้องปลดระวางทันที ไม่ให้ใช้งานต่อ สายไฟจะต้องไม่มีทองแดงลุ่ย ไม่มีรอยปริ ไม่เปลี่ยนสภาพสี และไม่อยู่ใกล้อุปกรณ์ให้ความร้อนซึ่งอาจทำให้ฉนวนเสียหาย ให้หลีกเลี่ยงการใช้รางปลั๊กไฟใน

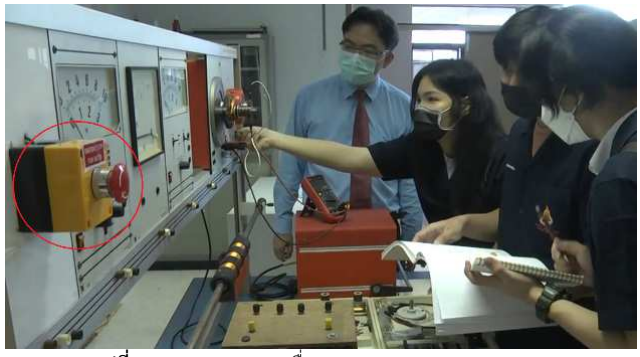
ห้องปฏิบัติการทางไฟฟ้าเนื่องจากอาจไม่สามารถรับกระแสที่สูงได้ โดยควรเดินไฟในที่ต้องการจ่ายไฟอย่างถาวร การทำงานเกี่ยวกับมอเตอร์ อุปกรณ์ที่มีการเคลื่อนไหวต้องมี guard ครอบส่วนที่เคลื่อนไหว ป้องกันชิ้นส่วนหลุดกระเด็นให้เกิดอันตราย

รูปที่ 5 เอกสารที่ใช้ในการทดลอง เครื่องมือประจำ อยู่ในตำแหน่งที่ใช้งาน

ในแต่ละโต๊ะทดลอง มีการบ่งชี้โดยใช้หลักการ Visual Control เช่น การแสดงตำแหน่งกระแสไฟฟ้าสูงสุดที่อนุญาตให้ใช้ในการทดลองในมิเตอร์กระแสไฟฟ้าดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 6 การแสดงตำแหน่ง Emergency Stop ติดตั้งไว้เด่นชัด เพื่อให้กดตัดไฟเลี้ยงโต๊ะทดลองนั้นหากเกิดเหตุฉุกเฉินดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 7 และต้องทำการตัดกระแสไฟฟ้าก่อนทำการทดลองทุกครั้ง มีการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้าดูดเมื่อกระแสไฟฟ้ารั่วจากเครื่องมือและการทดลองเช่น Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB) หรือ Residual current Circuit Breaker (RCCB)

รูปที่ 6 Visual Control เพื่อควบคุมการใช้กระแสไฟฟ้าสูงสุดในการทดลอง

สิ่งที่เป็นเรื่องสำคัญที่ผู้ประเมินหลักสูตร (ABET Program Evaluator) ให้สำคัญเป็นอันดับสูงสุดเมื่อมาตรวจเยี่ยมมหาวิทยาลัย คือ จิตสำนึกของบุคคลากรในหลักสูตรถึงความปลอดภัย เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดอุบัติเหตุและการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง (Continuous Improvement) การปลูกฝังและสร้าง Safety Mindset ให้แก่บุคลากรมหาวิทยาลัยมีความท้าทายต้องอาศัยการสะท้อนการเรียนรู้ (Learning Reflection) ร่วมกันในระหว่างการตรวจสอบความปลอดภัย (Safety Audit) ตัวอย่างของจิตสำนึกในความปลอดภัยแสดงตัวอย่างในรูปที่ 8 ในกรณีนี้ เต้ารับปลั๊กไฟถูกติดตั้งอย่างถูกต้องและปลอดภัยตามหลักการเดินสายไฟฟ้า แต่ถูกติดตั้งบนพื้นที่นักศึกษามีโอกาสเตะทำให้เต้ารับปลั๊กไฟเสียหายและนักศึกษาถูกไฟฟ้าดูด



รูปที่ 7 Visual Control เพื่อแสดง Emergency Stop Switch

รูปที่ 8 กรณีศึกษาในเรื่องจิตสำนึกในความปลอดภัย

ในกรณีที่ห้องปฏิบัติการมีการใช้สารเคมี ห้องปฏิบัติการต้องมีตู้เก็บสารเคมี (Safety Cabinet) ตามมาตรฐานเช่น NFPA 30 and OSHA และมี เอกสาร MSDS (Material Safety Data Sheet) ซึ่งเป็นเอกสารสำคัญที่ให้ข้อมูลที่สำคัญเกี่ยวกับคุณสมบัติ อันตราย และขั้นตอนการจัดการอย่างปลอดภัยของสารเคมี ในฐานะที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของการจัดการสารเคมีและความปลอดภัยในที่ทำงาน

หลักการ 5ส นอกเหนือที่ถูกนำมาใช้ในการพัฒนาเรื่องความปลอดภัยห้องปฏิบัติการแล้ว ยังสามารถนำมาใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน การทดลองของนักศึกษาและลดโอกาสความเสียหายของอุปกรณ์และเครื่องมือในห้อง [6-7] ตารางที่ 2 สรุปแนวปฏิบัติในการพัฒนาปรับปรุงความปลอดภัยและประสิทธิภาพในการทำงานโดยใช้หลักการ 5ส

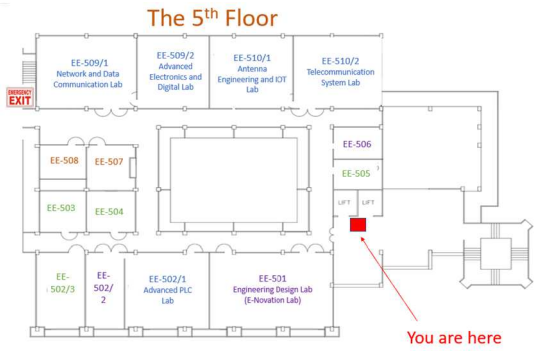
ตารางที่ 2 แนวปฏิบัติในการพัฒนาปรับปรุงความปลอดภัยและประสิทธิภาพในการทำงานโดยใช้หลักการ 5ส

หลักการ 5ส	แนวทางปรับปรุงห้องปฏิบัติการ
1.สะสาง	- มีอุปกรณ์เครื่องมือและเอกสารที่จำเป็นต้องใช้เท่านั้นในห้องและโต๊ะทำการทดลอง
2.สะดวก	-มีป้ายบ่งชี้ข้อมูลสำคัญ อุปกรณ์ เครื่องมือ -วางอุปกรณ์ เครื่องมือ เอกสาร ในที่ที่กำหนดไว้ -การจัดทำเอกสารเพื่อสะดวกในการใช้งานและเข้าถึงข้อมูล -มีการใช้ Visual Control เพื่อควบคุมความปลอดภัยและประสิทธิภาพการทำงานและ สร้างระเบียบโดยคำนึงถึงกระบวนการใช้งาน
3.สะอาด	-พื้นที่ห้อง โต๊ะทดลองและอุปกรณ์เครื่องมือสะอาด -ปฏิบัติตามกฎความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ เช่นไม่นำเครื่องดื่มและอาหารเข้ามาในห้อง
4.สร้างมาตรฐาน	-การสร้างเอกสารที่สำคัญด้านความปลอดภัยและการใช้งานอุปกรณ์ เครื่องมือ -รูปแบบและการจัดหัวข้อในเอกสารเป็นมาตรฐาน -การซ่อมบำรุง -การอบรมความปลอดภัย การสอบให้การรับรอง การบันทึกการผ่านการรับรอง -มีการติดตั้งอุปกรณ์รักษาความปลอดภัยในห้องและโต๊ะทำการทดลอง และติดตั้งระบบ Electrical Ground
5.สร้างนิสัย	-การทดสอบเครื่องมือก่อนใช้งานของนักศึกษา -การสอนให้นักศึกษาดูแลรักษาเครื่องมือ อุปกรณ์ -การสร้างจิตสำนึกในด้านความปลอดภัยแก่บุคคลากรในหลักสูตร

2.3 ระบบรักษาความปลอดภัยในอาคารเรียน

เกณฑ์มาตรฐานของ ABET และ ผู้ประเมินหลักสูตรของ ABET ให้ความสำคัญต่อการเชื่อมโยงของระบบรักษาความปลอดภัยในห้องทำงานเรียน ห้องปฏิบัติการกับระบบรักษาความปลอดภัยของอาคาร อาคารเรียนและหน่วยงานดูแลความปลอดภัยของมหาวิทยาลัย เช่นระบบ CCTV เพื่อดูแลความปลอดภัยของนักศึกษาและบุคลากรและสามารถนำวิดีโอที่ถูกบันทึกมาใช้หาสาเหตุของปัญหาและสร้างแผนป้องกัน ภายในอาคารต้องมีแผนผังระบุตำแหน่งที่ตั้งของห้องเรียนและห้องปฏิบัติการในปัจจุบันมีป้ายบ่งชี้เส้นทางทางออกฉุกเฉิน (Emergency Exit) จุดรวมพลเมื่อเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 9 ภายในอาคารต้องติดตั้งป้ายบ่งชี้และสามารถนำนักศึกษาและบุคคลากรไปที่ทางออกฉุกเฉินได้ ดังแสดงในรูปที่ 10

ภายในตึกต้องมีอุปกรณ์การดับเพลิง ระบบตรวจจับควันและเตือนไฟไหม้ มีปุ่มกดแจ้งเตือนอัคคีภัยดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 11 อุปกรณ์เหล่านี้ต้องการทดสอบอย่างสม่ำเสมอสามารถใช้งานได้จริง (ต้องมีตารางบันทึกวันทดสอบ และบันทึกการตรวจสารเคมีดับเพลิง) เคมีดับเพลิงต้องเป็นแบบที่สามารถใช้ดับอุปกรณ์ไฟฟ้าได้



รูปที่ 9 ตัวอย่างแผนผังอาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ม.มหิดลที่ระบุตำแหน่งห้องปฏิบัติการและแสดงตำแหน่ง Emergency Exit

รูปที่ 10 การติดตั้งป้าย Exit ทางออกเด่นชัด

รูปที่ 11 ป้ายแจ้งเตือน ทางออก ระบบอัคคีภัย ประตูฉุกเฉิน CCTV

ผู้ประเมินหลักสูตรของ ABET สามารถเห็นปัญหาที่ซ่อนอยู่ในระบบรักษาความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการและอาคารเรียน ซึ่งเป็นปัญหาที่พบได้มากในอาคารเก่า ขาดการบำรุงรักษาในสถานศึกษา เช่นการขาดการบำรุงรักษาระบบดับเพลิง เช่น การหมดอายุการใช้งานของถังดับเพลิงซึ่งควรมีการเปลี่ยนทุก ๆ 10 ปี การมีสิ่งกีดขวางเช่นโต๊ะหรือเก้าอี้ในบริเวณ

หัวจ่ายน้ำดับเพลิงในอาคาร หรือประตูทางออกฉุกเฉิน การที่ประตูฉุกเฉินถูกเปิดทิ้งไว้ทำให้บุคคลภายนอกที่ไม่ได้รับอนุญาตเข้ามาในอาคาร การที่ประตูฉุกเฉินถูกล๊อกไว้เพื่อไม่ให้บุคคลภายนอกเข้ามาได้ แต่ก็ทำให้นักศึกษาและบุคคลากรไม่สามารถออกจากอาคารเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินเช่นกัน รูปที่ 12 แสดงการใช้ป้ายเตือนเพื่อป้องกันความผิดพลาดในการใช้งานทางออกฉุกเฉิน

รูปที่ 12 ประตูฉุกเฉินและป้ายเตือนเพื่อรักษาความปลอดภัยในอาคาร

การแสดงความเชื่อมโยงของระบบรักษาและตรวจสอบความปลอดภัยของมหาวิทยาลัยกับอาคารเรียนและห้องปฏิบัติการใน ABET Self-Study Report (SSR) ตัวอย่างเช่นหน่วยงาน Center for Occupation Safety, Health and Workplace Environment Management (COSHEM) ของมหาวิทยาลัยมหิดล และการแสดงให้เห็นในช่วง Campus Visit มีส่วนช่วยให้ ABET Program Evaluator มีความมั่นใจในระบบรักษาความปลอดภัยของหลักสูตร

2.4. การจัดเตรียมห้องปฏิบัติการเพื่อสนับสนุนการเรียนตามแผนการศึกษา

หลักสูตรจะต้องจัดเตรียมห้องปฏิบัติการให้สอดคล้องกับแผนการศึกษาและรายวิชาปฏิบัติการในหลักสูตร ปัญหาที่พบในการตรวจเอกสาร Self-Study Report และ Campus visit คือหลักสูตรไม่ได้จัดห้องปฏิบัติการแยกออกมาเป็นห้องเฉพาะให้นักศึกษามีพื้นที่การทำงาน Engineering Capstone Project โดยให้นักศึกษาไปทำงานในห้องปฏิบัติการที่ใช้ในการเรียนการสอนหรือห้องปฏิบัติการวิจัยของอาจารย์ที่ปรึกษา

หลักสูตรต้องจัดให้มีอุปกรณ์ เครื่องมือ จำนวนเพียงพอต่อจำนวนนักศึกษา ทำให้นักศึกษาเกิดการเรียนรู้ ตามผลลัพธ์การเรียนรู้ของรายวิชา และที่สำคัญคือหลักสูตรมีการจัดให้นักศึกษาได้ฝึกใช้ซอฟต์แวร์ทางด้านวิศวกรรมที่ใช้แพร่หลายในภาคอุตสาหกรรมเช่น MATLAB/Simulink และ National Instrument Multisim ในการทำงานในวิชาเรียนและโครงการทางวิศกรรมในหลักสูตร

การเลือกใช้อุปกรณ์ในการสอนในห้องปฏิบัติการที่เป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางในระดับโลก เช่นการใช้ Modular Servo System MS150 ของบริษัท Feedback Instruments ในการเรียนการสอน DC and AC motor Control ในวิชา Control System Laboratory ทำให้ผู้ประเมินหลักสูตรของ ABET ซึ่งมีแนวโน้มจะเลือกตรวจ และเจาะลึกลงรายละเอียดของห้องปฏิบัติการที่ผู้ประเมินเป็นผู้เชี่ยวชาญในการประเมิน Facilities และผลลัพธ์การเรียนรู้ของนักศึกษา อย่างไรก็ตามการเลือกใช้เครื่องมือการสอนที่เป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางในระดับโลกแต่ไม่ทันสมัย ทางหลักสูตรอาจจะถูกการตั้งคำถามเพื่อประเมินเช่นในการของ Modular Servo System MS150 ผู้ประเมินหลักสูตรได้สอบถามอาจารย์ผู้สอนวิชา Control System Laboratory ถึงการ Digitalization หรือพัฒนาให้ดีขึ้น (Upgrade) ใน อุปกรณ์เครื่องมือการเรียนการสอนรุ่นเก่า เพื่อให้นักศึกษาสามารถเก็บข้อมูลและนำไปวิเคราะห์โดยใช้ซอฟต์แวร์เพื่อให้เกิดผลลัพธ์การเรียนรู้ที่ 6 (ABET SO6) แก่นักศึกษา

ในงานวิจัยด้านการศึกษาวิศวกรรมมีข้อเสนอแนะให้เปลี่ยนรูปแบบของการเรียนการทดลองที่ใช้ในห้องปฏิบัติการที่ส่วนใหญ่นำมาจาก Laboratory Manual จากผู้ผลิตเครื่องมืออุปกรณ์การเรียนการสอน มาเป็นแนวทางใหม่ที่พัฒนาทักษะให้นักศึกษาสามารถพัฒนาและออกแบบการทดลองขึ้นมาเองเพื่อทดสอบสมมติฐานและใช้ในการออกแบบทางวิศวกรรม เช่นการใช้แนวทางของ Inquiry Learning [8] ดังนั้นในการเตรียมหรือ จัดซื้อเครื่องมืออุปกรณ์การเรียนการสอนและการพัฒนาการทดลองในคู่มือการทดลอง อาจารย์และเจ้าหน้าที่ผู้สอนวิชาปฏิบัติการจำเป็นต้องพิจารณาถึงเรื่องการศึกษาทางวิศวกรรมนี้เพื่อให้เกิดเกิดผลลัพธ์การเรียนรู้ที่ 6 ของ ABET

สิ่งที่ผู้เชี่ยวชาญและคณาจารย์ของหลักสูตรที่ผ่านการรับรองจาก ABET ได้ชี้แนะคือ ทางหลักสูตรต้องจัดหาเครื่องมืออุปกรณ์การเรียนการสอนที่ทันสมัย(State of the Art) ที่หมายถึงเครื่องมืออุปกรณ์การเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีใหม่ หรือหลักการทางวิศวกรรมใหม่ ที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตร เพื่อให้นักศึกษามีความรู้และทักษะที่ทันสมัยออกไปทำงานให้กับภาคอุตสาหกรรมได้ ตัวอย่างของหลักสูตรวิศวกรรมไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยมหิดลได้จัดซื้อ เครื่องมืออุปกรณ์การเรียนการสอนเรื่อง Internet of Things (IOT) เพื่อให้นักศึกษาได้เรียนรู้เทคโนโลยีใหม่ในห้องปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสารดังแสดงในรูปที่ 13

รูปที่ 13 อุปกรณ์เครื่องมือการเรียนรู้เรื่อง IoT ที่เป็น State of the Art

2.5. การบำรุงรักษาเครื่องมือ อุปกรณ์การเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการ

ในการจัดการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์ในการเรียนการสอนต้องอยู่ในสภาพสมบูรณ์และพร้อมใช้งาน เพื่อลดความผิดพลาดในการทดลองส่งผลกระทบในการเรียนรู้และความปลอดภัยในการทำงานของนักศึกษา หลักสูตรต้องจัดพื้นที่ในการเก็บรักษาและซ่อมบำรุงอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการเรียนการสอน มีเจ้าหน้าที่ที่ถูกมอบหมายให้ดูแลบำรุงรักษาเครื่องมือ และมั่นใจว่าอุปกรณ์เครื่องมือวัดมีการสอบเทียบถ้าการทดลองของนักศึกษาต้องใช้เครื่องมือวัดที่ผ่านการสอบเทียบ เจ้าหน้าที่ของ BINUS University และ Bandung Institute of Technology ได้แสดงให้เห็นถึงการใช้ระบบสารสนเทศในการบริหารจัดการการซ่อมบำรุงรักษาอุปกรณ์เครื่องมือในห้องปฏิบัติการโดยใช้ Best practice ในภาคอุตสาหกรรม หลักสูตรฯได้ประยุกต์ การใช้ Maintenance Schedule Template บน Microsoft Excel ในการทำ Preventive maintenance ของอุปกรณ์เครื่องมือ

2.6. ระบบสนับสนุนและจัดการการเรียนรู้ของนักศึกษา

ระบบสนับสนุนและจัดการการเรียนรู้ของนักศึกษาเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นว่าหลักสูตรมีเครื่องมือในการติดตามผลลัพธ์การเรียนรู้ของนักศึกษา ช่วยทำให้อาจารย์และเจ้าหน้าที่สามารถติดตามและช่วยเหลือนักศึกษาให้เกิดการเรียนรู้ได้ทันเวลาและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของบุคคลากร เจ้าหน้าที่ของ BINUS University และ Bandung Institute of Technology ได้แสดงให้เห็นถึงการใช้ระบบ Learning Management System (LMS) ที่พัฒนาขึ้นมาเอง รวมทั้งระบบสารสนเทศ ที่ช่วยให้นักศึกษาสามารถจองการใช้ห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์เครื่องมือ และนัดหมายอาจารย์หรือเจ้าหน้าที่ผู้ควบคุมห้องปฏิบัติการ ในการทำการทดลองได้ ระบบนี้ช่วยให้ห้องปฏิบัติการขนาดเล็กหรือห้องปฏิบัติการที่มีอุปกรณ์เครื่องมือจำนวนจำกัดสามารถรองรับนักศึกษาจำนวนมากได้ สำหรับหลักสูตรวิศวกรรมไฟฟ้าในการขอรับรองหลักสูตรจาก ABET ได้แสดงการใช้ Google Classroom และ Microsoft Team เป็นเครื่องมือสนับสนุนและจัดการการเรียนรู้ของนักศึกษา และปัจจุบันคณะวิศวกรรมศาสตร์อยู่ในช่วงการพัฒนาระบบ LMS ขึ้นมาเองเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ของนักศึกษาและการทำงานของบุคลากร

2.7 กรณีศึกษาการปรับปรุงห้องปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสารเพื่อขอการรับรองหลักสูตรจาก ABET

ตารางที่ 3 แสดงสรุปของการพัฒนาปรับปรุงของ ปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้าเพื่อขอการรับรองหลักสูตรจาก ABET โดยใช้กรณีศึกษาของห้องปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

ตารางที่ 3 กรณีศึกษาการปรับปรุงห้องปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสารเพื่อขอการรับรองจาก ABET

หัวข้อ	ก่อนการปรับปรุง	ภายหลังการปรับปรุง
1.ความปลอดภัยของนักศึกษาและบุคลากรในการใช้ห้องปฏิบัติการและอุปกรณ์เครื่องมือ และประสิทธิภาพในการทำงานและการทดลอง รวมถึงการอบรมความปลอดภัยการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือให้นักศึกษา	-เอกสารกฎระเบียบความปลอดภัยทั่วไป -การสอนความปลอดภัยทางไฟฟ้าในชั่วโมงแรกของวิชาปฏิบัติการ -สอนการใช้เครื่องมือผ่านการสอนการทดลอง ไม่มีการวัดผลและบันทึก - Circuit Breaker ใช้ในการรักษาความปลอดภัยของโต๊ะทดลอง -ป้ายแสดงข้อมูลสำคัญด้านความปลอดภัยจำกัดแค่บนประตูหน้าห้อง	-เพิ่มเอกสารนโยบายกฎระเบียบความปลอดภัยทางไฟฟ้า แผนรับการตอบสนองต่อเหตุการณ์ฉุกเฉิน -การอบรม สอบวัด บันทึกผล และ รับรองนักศึกษาผ่านการอบรมด้านความปลอดภัยและการใช้เครื่องมือ -ติดตั้ง ELCB แทน Circuit Breaker แบบทั่วไป -จัดอุปกรณ์ เครื่องมือที่จำเป็นต้องใช้เท่านั้นบนโต๊ะการทดลอง -เพิ่มแสดงข้อมูลสำคัญด้านความปลอดภัยบนโต๊ะทำการทดลอง
2. ระบบรักษาความปลอดภัยในอาคารเรียน และมหาวิทยาลัย	-อุปกรณ์ความปลอดภัยตรวจจับควันไฟติดตั้งในทางเดินในอาคาร -อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการชำรุด	-เปลี่ยนอุปกรณ์ความปลอดภัยตรวจจับควันไฟและแจ้งเตือนติดตั้งในห้องปฏิบัติการที่ชำรุด
3.การจัดเตรียมห้องปฏิบัติการเพื่อสนับสนุนการเรียนตามแผนการศึกษา รวมถึงเครื่องมือ ซอฟต์แวร์ อุปกรณ์การเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการ	-อุปกรณ์การเรียนการสอนในหลักการพื้นฐานวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร	-เพิ่มอุปกรณ์การเรียนการสอนที่ทันสมัยด้าน IoT
4.การบำรุงรักษาเครื่องมืออุปกรณ์การเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการ	-การซ่อมบำรุงเมื่อเครื่องมือชำรุดเสียหาย	-ใช้ Maintenance Schedule Template บน M.S. Excel ในการทำ Preventive Maintenance
5.ระบบสนับสนุนและจัดการการเรียนรู้ของนักศึกษา	-M.S. Team และ Google Classroom	-M.S. Team และ Google Classroom -กำลังพัฒนาระบบ LMS

3. บทสรุป

บทความนี้นำเสนอประสบการณ์การเตรียมการห้องปฏิบัติการทางวิศวกรรมไฟฟ้าและระบบสนับสนุนเพื่อความปลอดภัยและประสิทธิภาพการทำงาน การเรียนรู้ผ่านการถูกประเมินโดยผู้ประเมินจาก ABET ของบุคลากรของภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยมหิดล ด้วยความช่วยเหลือจากผู้เชี่ยวชาญ อาจารย์ และเจ้าหน้าที่จากมหาวิทยาลัยในประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศอินโดนีเซียในการเตรียมการพัฒนาห้องปฏิบัติการทางวิศวกรรมให้เข้าเกณฑ์ของ ABET ทางหลักสูตรได้เสนอการใช้หลักการ 5ส และ Best Practice จากภาคอุตสาหกรรมมาเป็น Framework ในการพัฒนาห้องปฏิบัติการและระบบสนับสนุน ทางภาควิชาฯ ต้องการนำเสนอการประยุกต์สิ่งที่เป็นหลักการทำงานที่ถูกนำมาใช้ในองค์กรในประเทศไทยอย่างแพร่หลายเช่น หลักการ 5ส และการประยุกต์ในการใช้เครื่องมือทางสารสนเทศเช่น Microsoft office หรือ Google Classroom ทำให้เกิดสนับสนุนการเรียนรู้ของนักศึกษา การทำงานของบุคลากร และการบำรุงรักษาเครื่องมือ อุปกรณ์ และห้องปฏิบัติการอย่างเป็นระบบ พร้อมปลูกฝังจิตสำนึกด้านความปลอดภัยไม่เพียงแก่นักศึกษาแต่กับบุคคลากรของมหาวิทยาลัยด้วย การนำเสนอกรณีศึกษานี้มีความคณะผู้จัดทำมีความมุ่งหวังที่จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์ของมหาวิทยาลัยในประเทศไทยที่ต้องการได้รับการรับรองจาก ABET หรือ มีเป้าหมายในการพัฒนาคุณภาพการศึกษาและสนับสนุนการเรียนรู้ของนักศึกษาในแนวทาง Outcome-based education ซึ่งเป็นแนวทางของมาตรฐาน ABET Accreditation

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำบทความขอขอบคุณผู้บริหารมหาวิทยาลัยมหิดล , คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล , Association of Thai Professionals in America and Canada (ATPAC) คณาจารย์และเจ้าหน้าที่จาก BINUS University และ Bandung Institute of Technology ประเทศอินโดนีเซีย และ กองการต่างประเทศ กระทรวงอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (อว.) ที่สนับสนุนและเล็งเห็นความสำคัญของการพัฒนาการศึกษาเพื่อความเป็นเลิศในระดับนานาชาติของหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์ในประเทศไทย ซึ่งทำให้ทุกหลักสูตรปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิตของทุกภาควิชาของคณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยมหิดล ได้รับการรับรองจากมาตรฐาน ABET นี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET), [Online]. Available: https://www.abet.org/

[2] Electrical Safety, Electrical and Computer Engineering, Michigan State University, [Online]. Available: https://www.egr.msu.edu/eceshop/cleanroom/safety/lab/electrical_safety.pdf

[3] Electrical Safety for Principal Investigators (PIs), Laboratory & Shop Supervisors, and Students, College of Engineering, the University of Wisconsin-Madison, [Online]. Available: https://safety.engr.wisc.edu/wp-content/uploads/sites/706/2018/07/CoE-Electrical-Hazards-FAQ.pdf

[4] Electrical Safety in the Laboratory Fact Sheet, University of Massachusetts Amherst, [Online]. Available: https://ehs.umass.edu/sites/default/files/Electrical%2520Safety%2520in%2520the%2520Lab%2520Fact%2520Sheet.pdf

[5] Araneo, R., Dehghanian,P. and Mitolo ,M. (2019). On Electrical Safety in Academic Laboratories. IEEE Transactions of Industry Applications, Vol. 55, No. 6, Nov/Dec.

[6] Jiménez, M., Romero, L., Domínguez, M. and Espinosa, M. M. (2015). 5S Methodology implementation in the laboratories of an industrial engineering university school. Safety Science, Vol.78, October 2015, pp.163-172.

[7] Tang ,J. R., Sethuprakhash V., Hanapi Z., Kamal, M. F. M. and Mei, J. (2022). Implementation of 5S Practice in University Electrical and Electronic Laboratories. International Scientific Electronic Journal ISSN 2307-2334 (online).

[8] Ford, M. J., Fatehiboroujeni, S., Fisher, E. M. and Ritz, H. (2023). A Hand-on Guided-inquiry Materials Laboratory that Support Student Agency. Advances in Engineering Education ASEE., Volume 11, Issue 1.