

# การเปรียบเทียบความเข้มของแสงสว่างจากนวัตกรรมฝาครอบหลอดไฟและประสิทธิภาพของวัสดุที่ใช้ในการประดิษฐ์ฝาครอบหลอดไฟแต่ละประเภท

## COMPARISON OF LIGHT INTENSITY FROM INNOVATIVE LAMP COVERS AND THE EFFICIENCY OF THE MATERIALS USED TO CREATE EACH TYPE OF LAMP COVER

ณัฐพงษ์ ม้าเทศ<sup>1,\*</sup> ดารินทร์ วีระชัย<sup>1</sup> ชลธิชา มุ่งดี<sup>1</sup> ธนาพร เทียมใจ<sup>1</sup> จิราภรณ์ ลาพิงค์<sup>1</sup> รมิดา อุประ<sup>1</sup>  
ฤทธิติกร สมปาน<sup>1</sup>

Nutthaphong Mated<sup>1,\*</sup> Darin Werachai<sup>1</sup> Chonthicha Mungdee<sup>1</sup> Thanaporn Thiamchai<sup>1</sup>

Jiraporn Laping<sup>1</sup> Ramida Aupara<sup>1</sup> Rittikorn Sompan<sup>1</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

\*Corresponding author, E-mail: Nutthaphong.Ma@up.ac.th

Received: November 24, 2025

Revise: December 28, 2025

Accepted: December 29, 2025

### บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนา นวัตกรรมฝาครอบหลอดไฟจากวัสดุเหลือใช้ และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของจากนวัตกรรมฝาครอบหลอดไฟ โดยมีวัสดุ 8 ประเภท ได้แก่ แผ่นซีดี กระจบอง อะลูมิเนียม ฟิวเจอร์บอร์ด พลาสติกใส โฟม ไม้ ก่อกระดาษ และฟอยล์ ต่อระดับความเข้มของแสงสว่าง โดยควบคุมตัวแปรด้วยหลอดไฟ LED ขนาด 15 วัตต์ ติดตั้งที่ความสูง 2 เมตร ภายใต้ฝาครอบรูปทรงพีระมิดตัดยอดมุมเอียง 40 องศา เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลคือเครื่องวัดความเข้มของแสงสว่าง (Lux meter) ยี่ห้อ EXTECH รุ่น 407026 ตามมาตรฐาน CIE 1931 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาและการทดสอบแบบ Independent Samples t-test เพื่อเปรียบเทียบระดับความเข้มของแสงสว่างระหว่างกลุ่มที่ติดตั้งฝาครอบวัสดุแต่ละชนิดกับกลุ่มที่ไม่ติดตั้งฝาครอบ อีกทั้งยังวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงสว่างระหว่างวัสดุฝาครอบหลอดไฟทั้ง 8 ประเภท

ผลการศึกษาพบว่าประเภทของวัสดุส่งผลต่อระดับความเข้มของแสงสว่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยฟอยล์ให้ค่าเฉลี่ยความเข้มแสงสูงสุด 77.6 ลักซ์ รองลงมาคือโฟม 74.0 ลักซ์ และกระจบองอะลูมิเนียม 70.1 ลักซ์ ซึ่งสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ติดตั้งฝาครอบ 30.4 ลักซ์ อย่างมีนัยสำคัญ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการออกแบบและพัฒนาวัสดุฝาครอบหลอดไฟโดยเลือกใช้วัสดุรูปทรงทางเรขาคณิตที่เหมาะสมร่วมกับวัสดุที่มีสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงสูง และการกระจายแสงที่ดีสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการส่องสว่างได้มากกว่าร้อยละ 155.26 ซึ่งไม่เพียงแต่ช่วยปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการทำงานให้เป็นไปตามมาตรฐานทางด้านความปลอดภัยและอาชีวอนามัย แต่ยังสามารถส่งเสริมการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและการจัดการวัสดุเหลือใช้ตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียนเพื่อความยั่งยืนในสถานประกอบการ

**คำสำคัญ:** การกระจายแสง ฝาครอบหลอดไฟ ความเข้มของแสงสว่าง วัสดุสะท้อนแสง การเปรียบเทียบวัสดุ

### ABSTRACT

The objective of this research was to design and develop an innovative lamp cover using recycled materials and to evaluate the luminous efficiency of eight different material types: compact discs, aluminum cans, future boards, clear plastic sheets, foam, wood, cardboard, and foil. The experimental variables were controlled using a 15-watt LED

bulb installed at a height of 2 meters, enclosed within a frustum of a quadrilateral pyramid structure with a 40-degree incline. The light intensity data were collected using an EXTECH 407026 lux meter in accordance with CIE 1931 standards. Data analysis was performed using descriptive statistics, Independent Samples t-tests to compare the illumination levels between each material type and the control group (without a cover), and One-way Analysis of Variance (ANOVA) to determine the significant differences in mean light intensity among the eight material types.

The results indicated that the type of material significantly influenced light intensity ( $p < 0.05$ ). Foil yielded the highest mean intensity at 77.6 lux, followed by foam 74.0 lux and aluminum cans 70.1 lux, all of which were significantly higher than the control group 30.4 lux. The findings demonstrate that the strategic design of lamp covers, utilizing optimized geometric dimensions combined with high-reflectivity and superior light distribution materials, can enhance lighting efficiency by more than 155.26%. This innovation not only improves the working environment in compliance with occupational health and safety standards but also promotes energy efficiency and sustainable waste management based on circular economy principles within the workplace.

**Keywords:** Light diffusion, Lamp covers, Light intensity, Reflective material, Material comparison

## 1. บทนำ

แสงสว่างเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ ตั้งแต่การทำงาน การพักผ่อน ไปจนถึงการสร้างบรรยากาศในสถานที่ต่าง ๆ [1] การเลือกใช้หลอดไฟและวัสดุฝาครอบหลอดไฟที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งที่ควรคำนึงถึงอย่างยิ่ง ไม่ว่าจะเป็นในด้าน ของประสิทธิภาพการใช้งาน อายุการใช้งาน ความสวยงาม และความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน [2], [3], [4] โดยในสถานการณ์การประสบนอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงาน ปี 2563 - 2567 ของสำนักงานกองทุนเงินทดแทน สำนักงานประกันสังคม กระทรวงแรงงาน ที่ได้รวบรวมสถิติโรคที่เกิดขึ้นจากสาเหตุทางกายภาพ โดยเฉพาะโรคจากแสงอัลตราไวโอเล็ตที่เกิดขึ้นกับผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งพบว่า มีพนักงานหยุดงานเกิน 3 วัน จำนวน 8 คน และหยุดงานไม่เกิน 3 วัน จำนวน 105 คน [5]

การออกแบบฝาครอบหลอดไฟในสถานที่ทำงาน มีบทบาทสำคัญในการควบคุมทิศทางและความเข้มของแสงที่ถูกปล่อยออกมา โดยสามารถทำให้แสงสว่างกระจายตัวได้อย่างทั่วถึง หรือมุ่งเน้นในจุดที่ต้องการได้ นอกจากนี้ ฝาครอบยังสามารถช่วยป้องกันแสงจ้า และลดการสะท้อนแสงที่ไม่พึงประสงค์ได้อีกด้วย นวัตกรรมในด้านฝาครอบหลอดไฟมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยมีการใช้วัสดุและเทคโนโลยีที่หลากหลายในการประดิษฐ์ฝาครอบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งาน ไม่ว่าจะเป็นวัสดุพลาสติก กระดาษ อะคริลิก หรือแม้แต่วัสดุที่มีคุณสมบัติพิเศษในการกระจายแสง [6], [7]

กฎหมายด้านแสงสว่างในสถานที่ทำงานยังมีการบังคับแก่นายจ้าง โดยนายจ้างนั้นต้องจัดให้สถานประกอบกิจการมีความเข้มของแสงสว่างไม่ต่ำกว่ามาตรฐาน อีกทั้งยังต้องใช้หรือจัดให้มีฉาก แผ่นฟิล์มกรองแสง หรือมาตรการอื่นที่เหมาะสม และเพียงพอเพื่อป้องกันมิให้แสงตรงหรือแสงสะท้อนจากแหล่งกำเนิดแสงหรือดวงอาทิตย์ที่มีแสงจ้า ส่องเข้านัยน์ตาของพนักงานโดยตรงในขณะที่ทำงาน [8] ตามกฎหมายและมาตรฐานความเข้มของแสงสว่าง ของกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน พ.ศ. 2561 ในบริเวณพื้นที่ใช้ประโยชน์ในสำนักงาน มีค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงสว่าง ไม่ต่ำกว่า 300 (ลักซ์) และไม่มีจุดใดจุดหนึ่งในพื้นที่ มีความเข้มของแสงสว่างต่ำกว่า 150 (ลักซ์) แต่ถ้าหากตามมาตรฐานความเข้มของแสงสว่าง ณ บริเวณที่พนักงานทำงาน โดยเฉพาะงานประจำในสำนักงาน เช่น งานเขียน งานพิมพ์ งานบันทึกข้อมูล งานคอมพิวเตอร์ประมวลผลข้อมูล การจัดเก็บแฟ้ม หรือการอ่าน จะต้องมีความเข้มของแสงสว่างอยู่ในช่วง 400-500 (ลักซ์) ทั้งนี้ ค่าเฉลี่ยของความเข้มของแสงสว่างจะต้องไม่ต่ำกว่า 400 (ลักซ์) ถึงจะปลอดภัยและเป็นไปตามกฎหมายกำหนด [9]

การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นเพื่อการออกแบบพัฒนาวัตกรรมการของวัสดุฝาครอบหลอดไฟและการเปรียบเทียบความเข้มของแสงสว่างจากฝาครอบหลอดไฟที่ทำจากวัสดุต่างๆ โดยจะวิเคราะห์ประสิทธิภาพของวัสดุที่ใช้ในการประดิษฐ์ฝาครอบแต่ละประเภท จากการใช้เครื่องมือตรวจวัดความเข้มของแสงสว่าง และอ้างอิงผลให้เป็นไปตามกฎหมายและมาตรฐานความเข้มของแสงสว่าง ของกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน พ.ศ. 2561 [9] อีกทั้ง เพื่อประเมินระดับความเข้มของแสงสว่างจากการทดลอง การตรวจวัดความเข้มของแสงสว่างของประเภทวัสดุฝาครอบหลอดไฟที่ต่างชนิดกัน และเพื่อนำผลการเลือกใช้ฝาครอบหลอดไฟที่เหมาะสมในสถานการณ์ต่างๆ

## 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อออกแบบพัฒนาวัสดุฝาครอบหลอดไฟ

2.2 เพื่อประเมินและเปรียบเทียบระดับความเข้มของแสงสว่างจากการทดลองโดยใช้วัสดุฝาครอบหลอดไฟประเภทต่างๆ

## 3. วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบพัฒนาวัสดุฝาครอบหลอดไฟ รวมทั้งเพื่อประเมินระดับความเข้มของแสงสว่างจากการทดลอง อีกทั้งยังเพื่อเปรียบเทียบระดับความเข้มของแสงสว่างจากวัสดุฝาครอบหลอดไฟแต่ละประเภท ทั้งนี้ วัสดุฝาครอบหลอดไฟที่นำมาใช้ในการทดลอง ได้มาจากการประดิษฐ์และประกอบ โดยคัดเลือกจากวัสดุเหลือใช้และหาได้ง่ายในครัวเรือนและสถานที่ทำงาน ประกอบด้วย แผ่นซีดี, กระป๋องอะลูมิเนียม, พิวเจอร์บอร์ด, พลาสติกใส, โฟม, ไม้, กอลงกระดาด, และฟอยล์ โดยอ้างอิงคู่มือแนวทางการออกแบบการส่องสว่างภายในอาคาร ของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย ในการคำนึงถึงคำนึงถึง ปริมาณและคุณภาพแสงที่เหมาะสม [13]

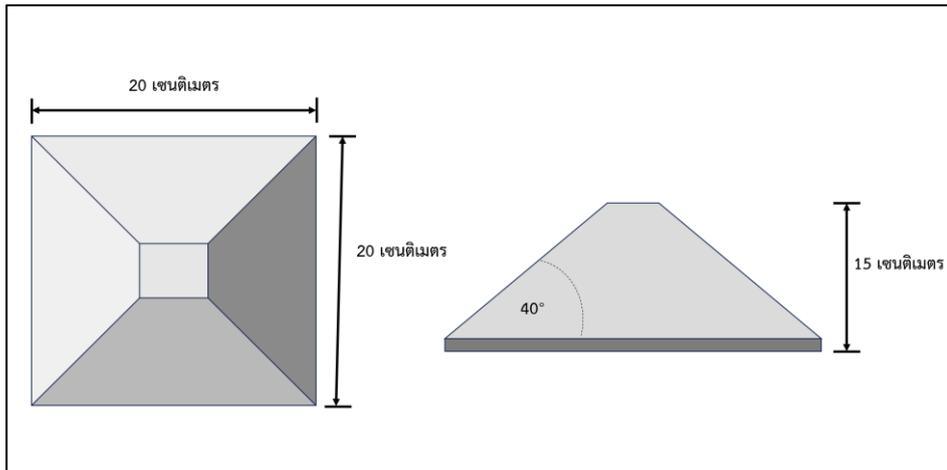
3.1 ออกแบบพัฒนาวัสดุฝาครอบหลอดไฟ

การออกแบบลักษณะทางกายภาพของฝาครอบหลอดไฟ (Physical Design of Lamp Cover) เพื่อให้การทดสอบประสิทธิภาพการส่องสว่างสอดคล้องกับมาตรฐานการกระจายแสง ผู้วิจัยได้ออกแบบฝาครอบหลอดไฟต้นแบบโดยคำนึงถึงหลักเกณฑ์ทางเรขาคณิตและการรวมแสง (Light Concentration) โดยมีรายละเอียดโครงสร้างดังนี้

รูปทรงเรขาคณิต (Geometric Shape) ฝาครอบถูกออกแบบในรูปทรง พีระมิดฐานสี่เหลี่ยมตัดยอด (Frustum of a Quadrilateral Pyramid) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมทิศทางแสงและลดการสูญเสียความเข้มของแสงภายในโครงสร้าง

มิติขนาด (Dimensions): ส่วนฐาน (Base) มีขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร และยาว 20 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระยะที่เหมาะสมสำหรับการครอบคลุมพื้นที่การกระจายแสงจากแหล่งกำเนิดแสงสู่พื้นผิวทำงาน ความสูง (Height): กำหนดความสูงตามแนวตั้ง 15 เซนติเมตร เพื่อสร้างระยะห่างที่พอเหมาะระหว่างหลอดไฟและปากเปิดของฝาครอบ ช่วยในการจัดการความร้อนและการสะท้อนแสงภายใน

มุมเอียงของแผงสะท้อนแสง (Incline Angle) แผงวัสดุแต่ละด้านถูกทำมุมเอียง 40 องศา กับแนวระนาบฐาน ซึ่งเป็นมุมที่คำนวณมาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสะท้อนแสงแบบพุ่งตรง (Direct Reflection) จากผนังด้านข้างลงสู่พื้นที่เป้าหมายด้านล่างตามหลักการสะท้อนของแสง



รูปที่ 1 การออกแบบลักษณะทางกายภาพของนวัตกรรมฝาครอบหลอดไฟ

### 3.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยในครั้งนี้คือ วัสดุฝาครอบหลอดไฟที่ประดิษฐ์จากวัสดุ 8 ประเภท ได้แก่ แผ่นซีดี, กระจกอะลูมิเนียม, พิวเจอร์บอร์ด, พลาสติกใส, โฟม, ไม้, กล่องกระดาษ และฟอยล์ ทั้งนี้ ในการพิจารณาเลือกใช้วัสดุเพื่อประดิษฐ์ฝาครอบหลอดไฟ คุณสมบัติทางแสงอันได้แก่ ค่าการสะท้อนแสง (Reflectance) และค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการส่องสว่าง โดยจากการวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่างวัสดุ 8 ประเภท สามารถจำแนกสมบัติทางแสงออกได้ตามลักษณะทางกายภาพและพื้นผิว ดังนี้

กลุ่มวัสดุที่มีประสิทธิภาพการสะท้อนแสงสูง ประกอบด้วย ฟอยล์อะลูมิเนียม แผ่นซีดี และโพลีเอทิลีน โดยเฉพาะฟอยล์อะลูมิเนียมมีค่าการสะท้อนแสงสูงที่สุดที่ 0.80 – 0.90 เนื่องจากมีคุณสมบัติการสะท้อนแบบกระจก (Specular Reflection) ในขณะที่โพลีเอทิลีนแม้จะมีค่าการสะท้อนแสงสูงใกล้เคียงกัน (0.75 – 0.85) แต่จะมีลักษณะการสะท้อนแบบพุ้งกระจาย (Diffuse Reflection) ซึ่งช่วยลดความจ้าตาได้ดีกว่า สำหรับแผ่นซีดีนั้นก็มีลักษณะเฉพาะในการกระเจิงแสง (Diffraction) ร่วมด้วย ทำให้การกระจายแสงมีความซับซ้อนกว่าวัสดุอื่น

กลุ่มวัสดุที่มีคุณสมบัติทั้งสะท้อนและดูดกลืน ได้แก่ กระจกอะลูมิเนียม และพิวเจอร์บอร์ดสีขาว ซึ่งมีค่าการสะท้อนแสงอยู่ในช่วง 0.60 – 0.75 โดยค่าการสะท้อนที่ลดลงในกระจกอะลูมิเนียมมักเกิดจากความโค้งงอของพื้นผิวและสิ่งพิมพ์สกรีน ส่วนพิวเจอร์บอร์ดจะแปรผันตามความหนาแน่นและเจดสีของพลาสติก

กลุ่มวัสดุที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงและวัสดุโปร่งแสง วัสดุประเภทไม้และกล่องกระดาษสีน้ำตาลมีค่าการดูดกลืนแสงสูงถึง 0.50 – 0.80 เนื่องจากพื้นผิวมีความขรุขระและมีโทนสีเข้ม ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการกระจายแสงสว่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่พลาสติกใสมีค่าการสะท้อนและการดูดกลืนแสงต่ำที่สุด (ต่ำกว่า 0.10) เนื่องจากคุณสมบัติหลักคือการส่องผ่านแสง (Transmittance) ที่สูงถึง 0.80 – 0.90 ซึ่งเหมาะสำหรับใช้เป็นตัวป้องกันหลอดไฟโดยไม่เน้นการเปลี่ยนทิศทางการแสง [14], [15]



รูปที่ 2 วัสดุฝาครอบหลอดไฟในแต่ละประเภทจากการออกแบบและพัฒนา

### 3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ เครื่องวัดความเข้มของแสงสว่าง (Lux meter) ยี่ห้อ EXTECH รุ่น 407026 (Heavy Duty Light Meter) เป็นเครื่องมือหลักในการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ ซึ่งเป็นเครื่องวัดประสิทธิภาพสูงที่ออกแบบมาเพื่อการใช้งานในระดับอุตสาหกรรมและงานวิจัย โดยมีคุณลักษณะทางเทคนิคที่สำคัญดังนี้ ระบบเซนเซอร์ (Sensor System) ใช้โฟโตไดโอด (Photo Diode) พร้อมฟิลเตอร์แก้ค่าสี (Color Correction Filter) และระบบแก้ไขค่ามุมตกกระทบ (Cosine Correction) เพื่อให้ได้ค่าความเข้มของแสงสว่างที่ใกล้เคียงกับมาตรฐานการมองเห็นของมนุษย์มากที่สุด โดยมีความคลาดเคลื่อนเพียง 5% และฟังก์ชันการเลือกแหล่งกำเนิดแสง (Light Source Selection) เครื่องมือรุ่นนี้สามารถปรับโหมดการวัดให้เหมาะสมกับประเภทสเปกตรัมของแหล่งกำเนิดแสงได้ 4 ประเภท ได้แก่ ทั้งสแตน, ฟลูออเรสเซนต์, โซเดียม และปรอท ซึ่งช่วยลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากความแตกต่างของช่วงคลื่นแสงช่วงการวัด (Measurement Range) รองรับการวัดได้สูงสุดถึง 50,000 Lux โดยมีความละเอียด (Resolution) สูงสุดที่ 1 Lux ในย่านการวัดต่ำสุด[15] ทำให้สามารถตรวจวัดค่าความเข้มของแสงสว่างที่มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจากการสะท้อนของวัสดุที่แตกต่างกันได้อย่างแม่นยำ ใช้สำหรับวัดความเข้มของแสงสว่างที่ฝาครอบหลอดไฟของวัสดุแต่ละประเภท ทั้งนี้ เครื่องวัดความเข้มของแสงสว่างเป็นไปตามมาตรฐาน CIE 1931 ของคณะกรรมการการระหว่างประเทศว่าด้วยความส่องสว่าง (International Commission on Illumination) และยังมีการปรับเทียบความถูกต้องของเครื่องมือกับหน่วยปรับเทียบมาตรฐานปีละหนึ่งครั้ง ตามกฎหมายกำหนด [10] และใช้แบบบันทึกผลการเปรียบเทียบในการบันทึกค่าความเข้มของแสงสว่างและข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง



รูปที่ 3 เครื่องวัดความเข้มของแสงสว่าง (Lux meter)

### 3.4 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4.1 จัดเตรียมสถานที่ทดสอบที่มีสภาพแวดล้อมเหมาะสมสำหรับการตรวจวัดความเข้มของแสงสว่าง

3.4.2 ติดตั้งหลอดไฟขนาด 15 วัตต์ ที่มีความสูง 2 เมตร และใช้ผ้าดำปิดคลุมพื้นที่ในการทดลองแต่ละครั้ง เพื่อป้องกันแสงจากภายนอกพื้นที่การทดลอง และเพื่อควบคุมคุณภาพของแสงสว่างในการทดลอง โดยการกำหนดคุณสมบัติของแหล่งกำเนิดแสงและการควบคุมตัวแปร ผู้วิจัยเลือกใช้หลอดไฟประเภท แอลอีดี (LED: Light Emitting Diode) ขนาดกำลังไฟฟ้า 15 วัตต์ (เทียบเท่าความสว่างประมาณ 1,500 - 1,600 ลูเมน) อุณหภูมิสี 6,500 เคลวิน (Daylight) เป็นแหล่งกำเนิดแสงหลักในการทดลอง และยังเป็นขนาดกำลังไฟฟ้านิยมใช้ทั่วไปในอาคารสำนักงานและที่พักอาศัย และผู้วิจัยยังมีการควบคุมคุณภาพแสงของหลอดไฟ LED มีคุณสมบัติการส่องสว่างที่มีทิศทางแน่นอน (Directional Light) และมีค่าความถูกต้องของสี (CRI) ที่เสถียร รวมถึงมีการแผ่รังสีความร้อนต่ำกว่าหลอดไส้หรือหลอดฟลูออเรสเซนต์ ทำให้ผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดเมื่อต้องทดลองซ้ำหลายครั้ง

3.4.3 ก่อนเริ่มการตรวจวัดความเข้มของแสงสว่าง ผู้วิจัยดำเนินการปรับให้เครื่องวัดความเข้มของแสงสว่างให้อ่านค่าที่ศูนย์ (Photometer Zeroing) เพื่อเป็นการควบคุมคุณภาพการทดลองและเป็นไปตามหลักเกณฑ์วิธีการตรวจวัด และการวิเคราะห์สภาวะการทำงานตามมาตรฐานกฎหมาย [10]

3.4.4 ทดลองตรวจวัดความเข้มของแสงสว่างและแสงที่ผ่านฝาครอบหลอดไฟแต่ละประเภท โดยใช้เครื่องวัดความเข้มของแสงสว่างยกสูงในแนวระนาบโดยมีระยะความสูงจากพื้น 75 เซนติเมตร [10]

3.4.5 การทดลองตรวจวัดความเข้มของแสงสว่าง แต่ละครั้งในการประเมินระดับความเข้มของแสงสว่างของวัสดุฝาครอบหลอดไฟ โดยดำเนินการตรวจวัดจำนวน 5 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงสว่างของประเภทวัสดุฝาครอบหลอดไฟนั้นๆ

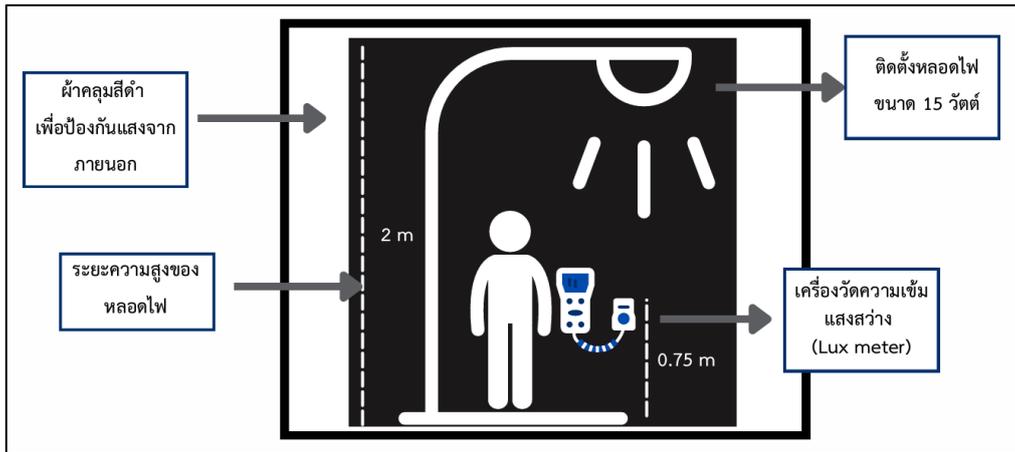
3.4.6 บันทึกค่าความเข้มของแสงสว่างเฉลี่ยในแบบบันทึกผลข้อมูล

### 3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลดำเนินการด้วยการใช้โปรแกรมสถิติ SPSS โดยการวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics): วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.) ของค่าความเข้มของแสงสว่าง (Lux) เพื่ออธิบายลักษณะพื้นฐานและประสิทธิภาพการส่งผ่านแสงของวัสดุฝาครอบหลอดไฟแต่ละประเภท รวมถึงกลุ่มควบคุมที่ไม่ติดตั้งฝาครอบ

3.5.2 สถิติอ้างอิง (Inferential Statistics): การทดสอบค่าที (t-test): ใช้การทดสอบแบบ Independent Samples t-test เพื่อเปรียบเทียบระดับความเข้มของแสงสว่างระหว่างกลุ่มที่ติดตั้งฝาครอบวัสดุแต่ละชนิดกับกลุ่มที่ไม่ติดตั้งฝาครอบ เพื่อทดสอบนัยสำคัญของนวัตกรรมที่พัฒนาขึ้น และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA): ใช้เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงสว่างระหว่างวัสดุฝาครอบหลอดไฟทั้ง 8 ประเภท ว่ามีผลต่อการส่องสว่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ อีกทั้ง การทดสอบรายคู่ (Post-hoc Comparison): ในกรณีที่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผู้วิจัยจะดำเนินการทดสอบรายคู่ด้วยวิธีของ Scheffe (หรือ Tukey) เพื่อระบุคู่ของวัสดุที่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงสว่างอย่างชัดเจน [17]



รูปที่ 3 การออกแบบสถานที่ทำการทดลองการตรวจวัดประเมินความเข้มของแสงสว่าง



รูปที่ 4 การติดตั้งหลอดไฟและการทดลองการตรวจวัดประเมินความเข้มของแสงสว่างของวัสดุฝ้าครอบหลอดไฟ

#### 4. ผลการวิจัย

จากการออกแบบพัฒนาวัสดุฝ้าครอบหลอดไฟและการตรวจวัดประเมินระดับความเข้มของแสงสว่างจากการทดลองโดยใช้วัสดุฝ้าครอบหลอดไฟประเภทต่างๆ ได้แก่ แผ่นซีดี, กระป๋องอะลูมิเนียม, ฟิวเจอร์บอร์ด, พลาสติกใส, โฟม, ไม้, กล่องกระดาษ และฟอยล์ โดยใช้เครื่องวัดความเข้มของแสงสว่างตรวจวัดและประเมินพร้อมวิเคราะห์ข้อมูลค่าเฉลี่ยของความเข้มของแสงสว่าง รวมถึงการเปรียบเทียบระดับความเข้มของแสงสว่างจากวัสดุฝ้าครอบหลอดไฟแต่ละประเภทและการไม่ใช้ฝ้าครอบ พบว่า ผลการติดตั้งหลอดไฟและตรวจวัดความเข้มของแสงสว่างแบบไม่ใส่วัสดุฝ้าครอบหลอดไฟ มีค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงสว่าง 30.4 ลักซ์ และผลการตรวจวัดความเข้มของแสงสว่างของวัสดุฝ้าครอบหลอดไฟที่มีค่าเฉลี่ยของความเข้มของแสงสว่างสูงสุด ลำดับที่ 1 คือ ฟอยล์ 77.6 ลักซ์ ลำดับที่ 2 คือ โฟม 74 ลักซ์ ลำดับที่ 3 คือ กระป๋องอะลูมิเนียม 70.1 ลักซ์ ลำดับที่ 4 คือ ฟิวเจอร์บอร์ด 50.4 ลักซ์ ลำดับที่ 5 คือ ไม้ 45 ลักซ์ ลำดับที่ 6 คือ พลาสติกใส 44 ลักซ์ ลำดับที่ 7 คือ แผ่นซีดี 40.6 ลักซ์ และลำดับที่ 8 คือ กล่องกระดาษ 38 ลักซ์ ตามลำดับ โดยผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงสว่างของวัสดุฝ้าครอบหลอดไฟในแต่ละประเภท ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงสว่างของวัสดุฝ้าครอบหลอดไฟในแต่ละประเภท

ลำดับ	วัสดุฝ้าครอบหลอดไฟ	ระดับความเข้มของแสงสว่าง (Lux)					ค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงสว่าง
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	
1	ไม่ใส่วัสดุฝ้าครอบ	30	31	30	31	30	30.4

2	แผ่นซีดี	41	40	40	41	41	40.6
3	กระป๋องอะลูมิเนียม	73	71	68	70	70	70.1
4	ฟิวเจอร์บอร์ด	52	50	50	49	51	50.4
5	พลาสติกใส	44	45	43	43	43	44
6	โฟม	73	73	73	77	74	74
7	ไม้	47	45	44	44	45	45
8	กล่องกระดาษ	38	38	37	37	40	38
9	ฟอยล์	78	77	77	78	78	77.6

จากผลการเปรียบเทียบระดับความเข้มของแสงสว่างของวัสดุฝาครอบหลอดไฟแต่ละประเภทดังกล่าว สามารถวิเคราะห์เพิ่มเติมได้ว่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงสว่างที่ตรวจวัดได้นั้น เกิดจากคุณสมบัติด้านการสะท้อนแสง การดูดซับแสง และโครงสร้างพื้นผิวของวัสดุแต่ละชนิด ซึ่งมีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพในการส่งผ่านและกระจายแสง วัสดุที่มีความสามารถในการสะท้อนแสงสูง เช่น ฟอยล์ แสดงศักยภาพสูงสุดในการเพิ่มระดับความเข้มของแสงสว่าง โดยให้ค่าเฉลี่ยของความเข้มของแสงสว่างที่ 77.6 ลักซ์ พร้อมทั้งมีค่าความผันผวนระหว่างการวัดต่ำ แสดงถึงการกระจายแสงที่สม่ำเสมอ

วัสดุประเภท โฟม และ กระป๋องอะลูมิเนียม ซึ่งมีความสามารถในการสะท้อนและกระจายแสงในระดับดี รองลงมาจากฟอยล์ ให้ค่าเฉลี่ยของความเข้มของแสงสว่างที่ 74 ลักซ์ และที่ 70.1 ลักซ์ ตามลำดับ แม้จะพบค่าความเข้มของแสงสว่างบางครั้งมีความผันผวนเล็กน้อย แต่ยังคงอยู่ในระดับที่สะท้อนถึงความมีประสิทธิภาพของพื้นผิวในการสะท้อนแสง

ส่วนวัสดุที่ให้ค่าความเข้มของแสงสว่างระดับปานกลาง เช่น ฟิวเจอร์บอร์ด, พลาสติกใส, และแผ่นซีดี มีค่าเฉลี่ยของความเข้มของแสงสว่างอยู่ระหว่าง 40.6–50.4 ลักซ์ สอดคล้องกับคุณสมบัติของวัสดุที่เน้นการกระจายแสงมากกว่าการสะท้อนโดยตรง ทำให้ระดับความสว่างที่ได้อยู่ในระดับปานกลางและมีความสม่ำเสมอในระดับที่เหมาะสม ขณะที่กล่องกระดาษ ซึ่งเป็นวัสดุดูดซับแสง ให้ค่าความเข้มของแสงสว่างต่ำที่สุดในกลุ่ม โดยมีค่าเฉลี่ยของความเข้มของแสงสว่าง 38 ลักซ์ ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการสะท้อนแสงที่จำกัดอย่างชัดเจน และเมื่อเปรียบเทียบกับกรณี ไม้ใช้วัสดุฝาครอบหลอดไฟในการทดลอง ซึ่งให้ค่าเฉลี่ยของความเข้มของแสงสว่าง 30.4 ลักซ์ พบว่าแสงมีการกระจายอย่างไร้ทิศทางและไม่สามารถควบคุมพื้นที่ส่องสว่างได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลดังกล่าวชี้ให้เห็นถึงบทบาทสำคัญของวัสดุฝาครอบหลอดไฟในการช่วยเพิ่มระดับความสว่างและควบคุมทิศทางแสงสว่างให้เป็นไปตามความต้องการ

**ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบความเข้มของแสงสว่างระหว่างกลุ่มที่ไม่ใช้วัสดุฝาครอบและวัสดุฝาครอบประเภทต่าง ๆ**

วัสดุฝาครอบหลอดไฟ	ค่าเฉลี่ย (Mean)	S.D.	t	p-value
ไม้ใช้วัสดุฝาครอบ (ควบคุม)	30.4	0.55	-	-
แผ่นซีดี	40.6	0.55	29.35	< 0.001*
กระป๋องอะลูมิเนียม	70.1	1.82	41.52	< 0.001*
ฟิวเจอร์บอร์ด	50.4	1.14	35.19	< 0.001*
พลาสติกใส	44	0.89	27.96	< 0.001*
โฟม	74	1.73	43.19	< 0.001*

ไม้	45	1.22	24.33	< 0.001*
กล่องกระดาษ	38	1.22	12.67	< 0.001*
ฟอยล์	77.6	0.55	135.58	< 0.001*

\*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ  $p < 0.05$

จากตารางที่ 4.2 เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงสว่างระหว่างกลุ่มที่ไม่มีการติดตั้งฝาครอบหลอดไฟ (Mean = 30.4, S.D. = 0.55) และกลุ่มที่มีการติดตั้งฝาครอบจากวัสดุทั้ง 8 ประเภท พบว่าวัสดุทุกชนิดส่งผลให้ความเข้มของแสงสว่างเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ  $p < 0.05$  โดยวัสดุประเภทฟอยล์ให้ผลลัพธ์การเพิ่มขึ้นของความเข้มของแสงสว่างสูงสุด ( $t = 135.58, p < 0.001$ ) ซึ่งสอดคล้องกับคุณสมบัติการสะท้อนแสงแบบกระจก (Specular Reflection) และการออกแบบโครงสร้างที่ช่วยในการรวมแสงเข้าสู่พื้นที่เป้าหมาย

**ตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (One-way ANOVA) ของความเข้มของแสงสว่างระหว่างวัสดุประเภทต่าง ๆ**

แหล่งที่มาของความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p-value
ระหว่างกลุ่ม	12,456.24	8	1,557.03	1,142.18	< 0.001*
ภายในกลุ่ม	49.2	36	1.37		
รวม	12,505.44	44			

\*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ  $p < 0.05$

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) จากตารางที่ 4.3 พบว่า ประเภทของวัสดุที่ใช้ในการประดิษฐ์ฝาครอบหลอดไฟมีความสัมพันธ์กับระดับความเข้มของแสงสว่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ  $p < 0.05$  โดยมีค่าสถิติ  $F(8, 36) = 1,142.18, p < .001$  ซึ่งแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าสมบัติทางแสงและลักษณะพื้นผิวของวัสดุแต่ละชนิดส่งผลต่อความสามารถในการควบคุมทิศทางและการกระจายแสงที่แตกต่างกัน ผลการทดสอบนี้ยืนยันถึงความสำคัญของการเลือกใช้วัสดุในการออกแบบฝาครอบเพื่อวัตถุประสงค์ในการเพิ่มประสิทธิภาพการส่องสว่างในพื้นที่ทำงาน

**ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบรายคู่ (Post-hoc Comparison) ระหว่างกลุ่มไม้ใช้ฝาครอบและวัสดุแต่ละประเภท**

กลุ่มวัสดุ	กลุ่มเปรียบเทียบ	Mean Difference	Std. Error	p-value
แผ่นซีดี	ไม้ใช้วัสดุฝาครอบ	10.20*	0.745	< 0.001*
กระป๋องอะลูมิเนียม	ไม้ใช้วัสดุฝาครอบ	39.70*	0.658	< 0.001*
ฟิวเจอร์บอร์ด	ไม้ใช้วัสดุฝาครอบ	20.00*	0.747	< 0.001*
พลาสติกใส	ไม้ใช้วัสดุฝาครอบ	13.20*	0.739	< 0.001*
โฟม	ไม้ใช้วัสดุฝาครอบ	43.60*	0.589	< 0.001*
ไม้	ไม้ใช้วัสดุฝาครอบ	14.60*	0.730	< 0.001*
กล่องกระดาษ	ไม้ใช้วัสดุฝาครอบ	7.60*	0.969	0.002*
ฟอยล์	ไม้ใช้วัสดุฝาครอบ	47.20*	0.738	< 0.001*

\*Mean Difference มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ  $p < 0.05$

จากการทดสอบเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ด้วยวิธีของ Scheffe ในตารางที่ 4.4 พบว่าวัสดุฝาครอบหลอดไฟทุกประเภทสามารถเพิ่มค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงสว่างได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ใช้ฝาครอบ ( $p < 0.05$ ) โดยกลุ่มวัสดุที่มีสมบัติสะท้อนแสงสูง (High Reflective Materials) ได้แก่ ฟอยล์, โฟม และกระป๋องอะลูมิเนียม มีค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (Mean Difference) สูงที่สุดตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับหลักการสะท้อนแสงแบบกระจกและการออกแบบรูปทรงพีระมิดตัดยอดที่ช่วยลดการกระเจิงของแสงออกนอกพื้นที่ใช้งาน ในขณะที่กลุ่มวัสดุดูดกลืนแสงอย่างไม้และกล่องกระดาษแม้จะให้ผลต่างของความสว่างน้อยกว่าแต่ยังคงแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการรวมแสงที่ดีกว่าการปล่อยให้แสงกระจายอย่างไร้ทิศทาง

## 5. สรุปและอภิปรายผล

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาวัสดุฝาครอบหลอดไฟ ประเมินและเปรียบเทียบความเข้มของแสงสว่างและประสิทธิภาพของวัสดุต่างๆ ที่ใช้ในการประดิษฐ์ฝาครอบหลอดไฟในแต่ละประเภท จากผลการวิจัย พบว่า วัสดุแต่ละชนิดมีผลต่อระดับความเข้มของแสงสว่างและการกระจายแสงอย่างชัดเจน วัสดุที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในการเพิ่มความเข้มของแสงสว่าง คือ ฟอยล์ โดยมีค่าเฉลี่ยความเข้มของแสง 77.6 ลักซ์ ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงสว่างสูงที่สุดในการทดลอง วัสดุชนิดนี้มีคุณสมบัติในการสะท้อนและส่งผ่านแสงได้ดี ทำให้แสงที่ผ่านฝาครอบของวัสดุชนิดฟอยล์มีความเข้มของแสงสว่างที่สูงและแพร่กระจายแสงอย่างมีประสิทธิภาพ จากการทดลองพบว่าฟอยล์ ช่วยสะท้อนแสงกลับสู่พื้นที่ที่ต้องการอย่างแม่นยำและมีการกระจายแสงอย่างสม่ำเสมอ ในทางตรงกันข้าม การไม่ใส่วัสดุฝาครอบหลอดไฟให้ผลลัพธ์ต่ำที่สุด โดยมีค่าความเข้มของแสงสว่างเฉลี่ย 30.4 ลักซ์ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าไม่มีการควบคุมทิศทางของแสงหรือการกระจายแสง วัสดุอื่นๆ เช่น พลาสติกใสและแผ่นซีดี ซึ่งมีค่าความเข้มของแสงสว่างระดับปานกลาง โดยพลาสติกใส มีค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงสว่าง 44 ลักซ์ และ แผ่นซีดี มีค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงสว่าง 40.6 ลักซ์ แสดงให้เห็นถึงการกระจายแสงในระดับที่ยอมรับในระดับหนึ่ง โดยมีการกระจายแสงในทุกทิศทาง แต่ความเข้มของแสงสว่างที่ผ่านฝาครอบลดลงเล็กน้อย เนื่องจากการหักเหแสงในการทดลอง

ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับหลักการทางฟิสิกส์ในคุณสมบัติของวัสดุที่เกิดการการสะท้อนของแสงสูง ทำให้เพิ่มความเข้มของแสงสว่างและกระจายแสงได้ดี โดยเฉพาะฟอยล์ ซึ่งมีคุณสมบัติในการสะท้อนแสงที่ดีที่สุด สามารถเพิ่มความเข้มของแสงสว่างและกระจายแสงได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ฤกษ์เกษม ไกรฤทธิ์, 2553 ที่ศึกษาประสิทธิภาพแผงสะท้อนเหนือระนาบทำงานภายในอาคาร โดยพบว่า ฟอยล์มีพื้นผิวที่มีการสะท้อนแสงลักษณะกระเจิงของแสง จึงเป็นวัสดุที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานในสถานการณ์ที่ต้องการความเข้มของแสงสว่างสูงและการกระจายแสงที่มีประสิทธิภาพสูง [11] ในขณะที่วัสดุที่ไม่สะท้อนแสงมากนัก เช่น พลาสติกใสและแผ่นซีดี มีการกระจายแสงในระดับที่ยอมรับได้ แต่ก็มีการหักเหแสง ทำให้ความเข้มของแสงสว่างที่ผ่านลดลงเมื่อเทียบกับฟอยล์ วัสดุเหล่านี้มีคุณสมบัติในการกระจายแสงไปในหลายทิศทาง แต่ไม่สามารถควบคุมทิศทางแสงให้ชัดเจนเหมือนฟอยล์ จึงเหมาะสำหรับการใช้งานที่ไม่ต้องการความเข้มของแสงสว่างมาก และเน้นการกระจายแสงที่กว้างขวาง อีกทั้ง การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าวัสดุฝาครอบหลอดไฟในประเภทที่ไม่มีคุณสมบัติในการสะท้อนของแสงหรือควบคุมแสง จะทำให้ประสิทธิภาพการกระจายแสงลดลงอย่างมาก มีผลต่อค่าความเข้มของแสงสว่างในการลดต่ำลง รวมถึงการไม่ใช้วัสดุฝาครอบหลอดไฟ จะให้ค่าความเข้มของแสงสว่างต่ำที่สุด อาจจะมีผลต่อผู้ปฏิบัติงานในสำนักงานทั่วไป หรือในพื้นที่การใช้ประโยชน์ทั่วไป และยังส่งผลกระทบต่อสายตา ทำให้กล้ามเนื้อตาทำงานมากเกินไป เพราะบังคับให้รูม่านตาเปิดกว้างขึ้น เนื่องจากการมองเห็นนั้นไม่ชัดเจน ต้องใช้เวลาในการมองรายละเอียดนานขึ้น ทำให้เกิดความเมื่อยล้าของนัยน์ตาที่ต้องเพ่งขึ้นงาน เกิดอาการปวดตา มีนัยสำคัญ การหยิบจับโดยใช้เครื่องมืออุปกรณ์อาจผิดพลาดทำให้เกิดอุบัติเหตุขึ้นได้ หรือไปสัมผัสส่วนที่เป็นอันตราย [12] ทั้งนี้แสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการใช้วัสดุฝาครอบหลอดไฟ โดยวัสดุฝาครอบหลอดไฟจึงมีความสำคัญมากในการออกแบบแสงสว่างในอาคาร เป็นอุปกรณ์ประกอบเสริมที่นำมาช่วยควบคุมการกระจายแสงและเพิ่มความเข้มของแสงสว่างไม่ให้ต่ำกว่ามาตรฐานตามที่กำหนดของกฎหมาย [9] ผลการวิจัยชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของการใช้วัสดุเหลือใช้ เป็นทางเลือกสำหรับ

การเพิ่มประสิทธิภาพการกระจายแสงในสถานประกอบการ และสามารถประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการเลือกวัสดุฝาครอบหลอดไฟเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานด้านการจัดแสงสว่างเพื่อความปลอดภัยในการทำงานของพนักงาน

นอกจากคุณสมบัติของวัสดุแล้ว ประสิทธิภาพการเพิ่มความเข้มของแสงสว่างยังเป็นผลจากการออกแบบฝาครอบรูปทรงพีระมิดตัดยอดที่มีมุมเอียง 40 องศา ซึ่งทำหน้าที่บีบมุมลำแสง (Beam Angle) ให้แคบลงและรวมฟลักซ์การส่องสว่าง (Luminous Flux) ให้พุ่งตรงสู่ระนาบงานตามหลักทัศนศาสตร์เชิงเรขาคณิต ส่งผลให้ความเข้มของแสงสว่างในพื้นที่เป้าหมายเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการไม่ใช้ฝาครอบ

จากผลการวิจัยยังสรุปอีกได้ว่าประเภทของวัสดุส่งผลต่อระดับความเข้มของแสงสว่างและการกระจายแสงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยนวัตกรรมฝาครอบรูปทรงพีระมิดตัดยอดสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการส่องสว่างได้มากกว่าการไม่ติดตั้งฝาครอบอย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงสว่าง (t-test) ที่พบว่าวัสดุทุกชนิดส่งผลให้ความเข้มของแสงสว่างเพิ่มขึ้นจากกลุ่มควบคุม (Mean = 30.4, S.D. = 0.55) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ  $p < 0.05$  โดยเฉพาะพอยล์ที่ให้ค่าเฉลี่ยสูงสุดถึง 77.6 ลักซ์ ( $t = 135.58, p < 0.001$ )

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) พบความสัมพันธ์ระหว่างประเภทวัสดุกับระดับความเข้มของแสงสว่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  $F(8, 36) = 1,142.18, p < 0.001$  ซึ่งอธิบายได้ด้วยสมบัติทางทัศนศาสตร์เชิงเรขาคณิตและการเลือกมุมเอียง 40 องศาของฝาครอบ ที่ทำหน้าที่บีบมุมลำแสง (Beam Angle) และรวมฟลักซ์การส่องสว่าง (Luminous Flux) ให้พุ่งตรงสู่ระนาบงาน ผลการทดสอบรายคู่ด้วยวิธีของ Scheffe ยังยืนยันได้ว่าวัสดุกลุ่มที่มีสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงสูง (High Reflective Materials) ได้แก่ พอยล์, โฟม และกระเบื้องอะลูมิเนียม มีค่าผลต่างความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (Mean Difference) สูงที่สุดตามลำดับ เนื่องจากพอยล์มีคุณลักษณะการสะท้อนแบบกระจก (Specular Reflection) ที่แม่นยำ ในขณะที่โฟมมีการสะท้อนแบบพุ่งกระจาย (Diffuse Reflection) ที่ช่วยลดความจ้าบาดตาได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ไกรฤทธิ ฤกษ์เกษม [11] ที่ระบุว่าพอยล์เป็นวัสดุที่เหมาะสมสำหรับการเพิ่มความเข้มของแสงสว่างในพื้นที่ที่ต้องการประสิทธิภาพสูงเนื่องจากลักษณะการกระเจิงแสงที่เป็นระบบ

ในทางตรงกันข้าม วัสดุประเภทพลาสติกใส แผ่นซีดี และกล่องกระดาษ แม้จะให้ความเข้มของแสงสว่างในระดับปานกลาง (40.6–44 ลักซ์) แต่ยังคงมีนัยสำคัญทางสถิติที่สูงกว่าการไม่ติดตั้งฝาครอบ ซึ่งการไม่ใส่ฝาครอบนั้นนอกจากจะให้ค่าความสว่างต่ำสุดแล้ว ยังส่งผลเสียต่อสายตาเนื่องจากรบกวนตาต้องขยายตัวมากกว่าปกติเพื่อเพ่งรายละเอียดงานก่อให้เกิดความเมื่อยล้าและปวดศีรษะ ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางของกองความปลอดภัยแรงงาน [12] และมาตรฐาน IES [14] ที่เน้นย้ำถึงความสำคัญของอุปกรณ์ควบคุมทิศทางแสง (Optical Control Device) เพื่อป้องกันแสงจ้าและเพิ่มความปลอดภัยในสภาวะการทำงาน ผลการวิจัยนี้จึงชี้ให้เห็นว่าการใช้วัสดุเหลือใช้ที่มีค่าการสะท้อนแสงสูงร่วมกับการออกแบบรูปทรงที่เหมาะสม สอดคล้องกับหลักการเลือกวัสดุทางวิศวกรรมของ Budinski [15] ที่ว่าลักษณะพื้นผิวมีผลโดยตรงต่อการตอบสนองต่อพลังงานคลื่นแสง

โดยสรุป ข้อมูลจากการศึกษานี้เป็นเครื่องมือเชิงวิชาการที่สำคัญในการสนับสนุนการตัดสินใจเลือกใช้วัสดุเหลือใช้มาพัฒนาเป็นนวัตกรรมส่องสว่างที่มีต้นทุนต่ำแต่มีประสิทธิภาพสูง สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อปรับปรุงสภาพแวดล้อมการทำงานให้เป็นไปตามมาตรฐานกฎหมาย [9] และส่งเสริมการจัดการพลังงานอย่างยั่งยืนในระดับองค์กรต่อไป

เมื่อพิจารณาภาพรวมของผลลัพธ์ทั้งหมด พบว่า ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาวิจัยมีศักยภาพสูงต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในบริบทปฏิบัติจริง ทั้งในการออกแบบนวัตกรรมฝาครอบหลอดไฟให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น การพัฒนาแนวทางเพิ่มความเข้มของแสงสว่าง ตลอดจนการกำหนดมาตรการควบคุมและการปรับปรุงกระบวนการทำงานที่เกี่ยวข้องกับระบบแสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงานให้มีความเหมาะสมและเกิดความปลอดภัยในการทำงานมากยิ่งขึ้น ผลการศึกษานี้จึงทำหน้าที่เป็นเครื่องมือเชิงวิชาการที่ช่วยสนับสนุนการตัดสินใจอย่างเป็นระบบ ทั้งในด้านการเลือกซื้อหรือเลือกใช้วัสดุสำหรับฝาครอบหลอดไฟอย่างมีเหตุผล ตลอดจนการส่งเสริมการพัฒนาวิศวกรรมด้านแสงสว่างในระดับองค์กร และการกำหนดนโยบายด้านพลังงานที่มุ่งสู่ความยั่งยืนในระยะยาวต่อไป นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังแสดงให้เห็นถึงความเชื่อมโยงที่สำคัญในด้านการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม โดยการนำวัสดุเหลือใช้กลับมาสร้างมูลค่าใหม่ (Upcycling) ช่วยลดปริมาณขยะ

และลดการใช้ทรัพยากรใหม่ในกระบวนการผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) อีกทั้งการที่หลอดไฟสามารถเพิ่มค่าความเข้มของแสงสว่างได้สูงกว่ากลุ่มควบคุมถึงร้อยละ 155.26 (กรณีวัสดุพอลิ) แสดงถึงศักยภาพในการลดภาระทางพลังงานไฟฟ้าในอาคาร เนื่องจากความสามารถในการรวมแสงที่เพิ่มขึ้นช่วยให้สามารถลดจำนวนจุดติดตั้งหลอดไฟหรือลดพิกัดกำลังไฟฟ้า (Watt) ของหลอดไฟลงได้ โดยที่ยังคงระดับความเข้มของแสงสว่างตามเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน และในเชิงเศรษฐศาสตร์พลังงานและสิ่งแวดล้อม อัตราการเพิ่มขึ้นของความเข้มส่องสว่างที่ได้จากการออกแบบโครงสร้างพีระมิดตัดยอดนี้ ส่งผลกระทบเชิงบวกต่อค่าการส่องสว่างในพื้นที่ (Luminous Efficacy of the Room) ซึ่งหมายถึงการได้มาซึ่งความสว่างที่เพียงพอโดยใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำลง ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตกระแสไฟฟ้า และส่งผลต่อการลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในสถานประกอบการได้อย่างเป็นรูปธรรม

## 6. ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยการเปรียบเทียบความเข้มของแสงสว่างจากนวัตกรรมวัสดุหลอดไฟและประสิทธิภาพของวัสดุที่ใช้ในการประดิษฐ์หลอดไฟแต่ละประเภทที่ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในการพัฒนางานวิจัยต่อไปและการนำไปใช้ในการศึกษาครั้งต่อไป ดังนี้

### 6.1 ข้อเสนอแนะในการพัฒนางานวิจัยต่อไป

6.1.1 ควรพิจารณาการวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวกับวัสดุทางเลือกที่มีต้นทุนต่ำกว่า แต่ยังสามารถให้ประสิทธิภาพการสะท้อนแสงและการกระจายแสงในระดับที่ดี เช่น วัสดุรีไซเคิล หรือวัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เพื่อลดต้นทุนในการผลิตวัสดุหลอดไฟ และเพิ่มความยั่งยืนในการใช้งาน

6.1.2 ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการออกแบบหลอดไฟเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกระจายแสงที่สม่ำเสมอมากขึ้น โดยอาจพิจารณารูปทรงหรือโครงสร้างที่ช่วยให้แสงกระจายตัวได้ในทิศทางที่เหมาะสม และยังคงความเข้มของแสงสว่างไว้ได้สูงสุด

6.1.3 ควรทำทดลองเพิ่มเติมเกี่ยวกับประเภทของวัสดุหลอดไฟในสถานการณ์ต่าง ๆ เช่น สภาพแวดล้อมแสงน้อยหรือแสงมาก เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมกับการใช้งานในแต่ละประเภทของวัสดุนั้นๆ

### 6.2 การนำไปใช้ในการศึกษาครั้งต่อไป

6.2.1 การศึกษาในอนาคตควรเพิ่มการทดลองในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย เช่น ในพื้นที่กลางแจ้ง

6.2.2 ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของขนาดหรือความหนาของวัสดุที่นำมาจัดทำเป็นนวัตกรรมหรือประดิษฐ์เป็นวัสดุที่นำมาทดลอง

6.2.3 ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของชนิดและประเภทของวัสดุอื่นๆ ที่หลากหลายร่วมด้วย

ทั้งนี้ การพัฒนาวัสดุหลอดไฟที่สามารถสะท้อนและกระจายแสงได้ดีและมีประสิทธิภาพ เป็นก้าวสำคัญในการเพิ่มคุณภาพการทำงานของระบบแสงสว่าง อีกทั้ง ประสิทธิภาพการใช้งานของหลอดไฟในอนาคต ซึ่งจะช่วยประหยัดพลังงาน ลดต้นทุน และเพิ่มอายุการใช้งานของหลอดไฟได้มากยิ่งขึ้น

## 7. เอกสารอ้างอิง

[1] Arpornthip T. Different schemes for replacing conventional light bulbs with LED bulbs for greatest return on investment. *J Sustain Energy Manag.* 2018;15(3):102–111.

[2] Ayala AMC. Does light-intensity physical activity moderate the relationship between sitting time and adiposity markers in adolescents. *Int J Pediatr Obes.* 2022;17(3):215–225.

- [3] Detchanthachack K, Limmongkon Y, Pruktharathikul V. Comparison of light intensity with area measurement vs. illuminance standard of foreign countries: Case study at workplaces in Lao People's Democratic Republic. *J Occup Health Saf.* 2023;39(2):78–89.
- [4] Mohammed NI, Alhmied F. Awareness of people about the effects of light intensity on blood pressure and heartbeats: A case study of YoonAl-Jawa Town. *J Health Med Res.* 2024;28(4):124–133.
- [5] สำนักงานประกันสังคม. สถานการณ์การประสูติหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงาน ปี 2563–2567 [อินเทอร์เน็ต]. 2568 [เข้าถึงเมื่อ 22 พ.ย. 2568]. แหล่งที่มา:  
[https://www.sso.go.th/wpr/assets/upload/files\\_storage/sso\\_th/65e64958a0565ddc98ebc2ee6cc1fbf4.pdf](https://www.sso.go.th/wpr/assets/upload/files_storage/sso_th/65e64958a0565ddc98ebc2ee6cc1fbf4.pdf)
- [6] Silesian University of Technology. Impact of workplace lighting on employee safety. *J Occup Saf Ergon.* 2023;12(1):50–61.
- [7] Smith JA. *Guidelines for lighting design in multimedia classrooms.* New York: Academic Press; 2022.
- [8] กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน. กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2559. ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 133 ตอนที่ 91 ก; 17 ต.ค. 2559.
- [9] กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน. ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง มาตรฐานความเข้มของแสงสว่าง. ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 135 ตอนพิเศษ 39 ง; 21 ก.พ. 2561.
- [10] กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน. ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง หลักเกณฑ์ วิธีการตรวจวัด และการวิเคราะห์สภาพการทำงานเกี่ยวกับระดับความร้อน แสงสว่าง หรือเสียง รวมทั้งระยะเวลาและประเภทกิจการที่ต้องดำเนินการ. ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 135 ตอนพิเศษ 57 ง; 12 มี.ค. 2561.
- [11] ไกรฤทธิ์ ฤกษ์เกษม. *ประสิทธิภาพแสงสะท้อนแสงเหนือระนาบทำงานภายในอาคาร* [วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2553. Available from:  
<https://doi.org/10.58837/CHULA.THE.2010.2028>
- [12] กองความปลอดภัยแรงงาน. แนวทางการตรวจวัดและประเมินสภาพแวดล้อมในการทำงาน และการดำเนินการตามพระราชบัญญัติความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. 2554 [อินเทอร์เน็ต]. 2568 [เข้าถึงเมื่อ 23 พ.ย. 2568]. แหล่งที่มา:  
[https://osh.labour.go.th/index.php?option=com\\_k2&view=itemlist&layout=category&task=category&id=27&Itemid=20](https://osh.labour.go.th/index.php?option=com_k2&view=itemlist&layout=category&task=category&id=27&Itemid=20)
- [13] สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย. คู่มือแนวทางการออกแบบการส่องสว่างภายในอาคาร: *Guidelines for Indoor Lighting Design* [อินเทอร์เน็ต]. 2568 [เข้าถึงเมื่อ 27 ธ.ค. 2568]. แหล่งที่มา:  
[https://www.tieathai.org/files/ugd/470409\\_1c1dd80275e0445d91af87dccc0bd253.pdf](https://www.tieathai.org/files/ugd/470409_1c1dd80275e0445d91af87dccc0bd253.pdf)
- [14] DiLaura DL, Houser KW, Mistrick RG, Steffy GR. *The lighting handbook: Reference and application.* 10th ed. New York: Illuminating Engineering Society; 2011.
- [15] Budinski KG, Budinski MK. *Engineering materials: Properties and selection.* 9th ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson; 2010.
- [16] Exttech Instruments. *User's guide: Heavy duty light meter with PC interface model 407026.* Nashua, NH: FLIR Commercial Systems Inc.; 2014.
- [17] Montgomery DC. *Design and analysis of experiments.* 9th ed. Hoboken, NJ: Wiley; 2017.