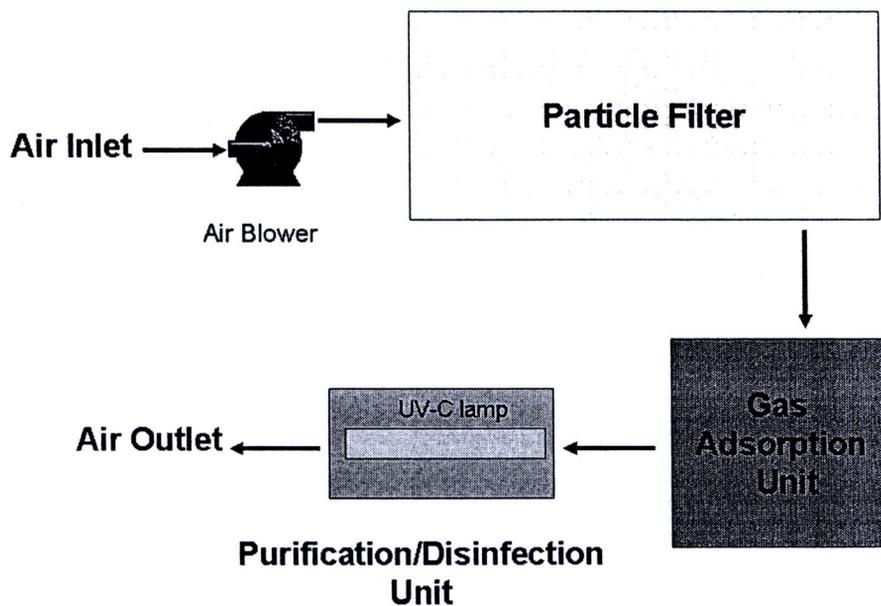




บทที่ 4 ต้นแบบเครื่องฟอกอากาศภายในอาคาร

4.1 ขั้นตอนการทำงานและอุปกรณ์หลัก

ต้นแบบเครื่องฟอกอากาศที่สร้างขึ้นนั้น นำเทคโนโลยีจากของต่างประเทศมาประยุกต์ใช้ (Oppenlander, 2003) ประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก ๆ ดังนี้คือ เครื่องสูบลม (Air Blower) ชุดกรองอนุภาคมลสาร (Particle Filter) ชุดดูดซับก๊าซ (Gas Adsorption Unit) ชุดทำความสะอาด/ฆ่าเชื้อโรค (Purification/Disinfection Unit) ดังแสดงผังขั้นตอนการทำงานในรูปที่ 4.1

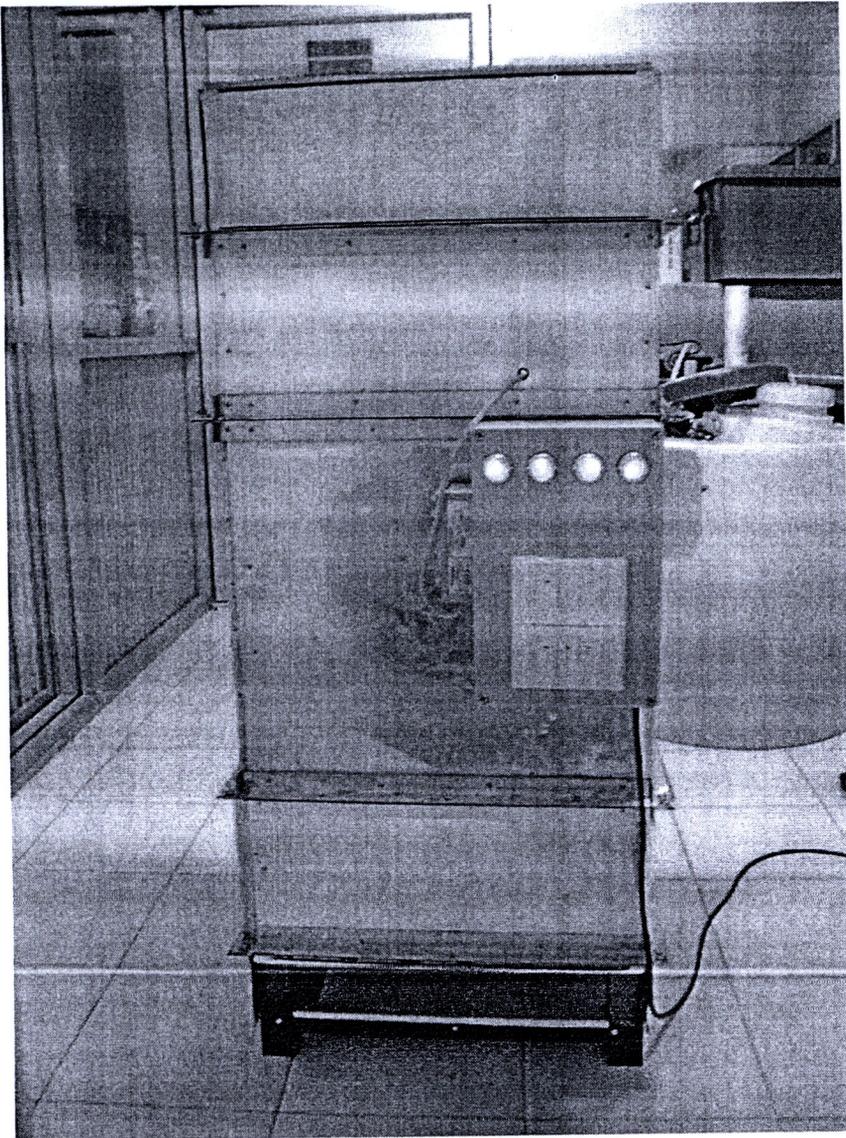


รูปที่ 4.1 ผังการทำงานของเครื่องฟอกอากาศ

จากรูปที่ 4.1 อากาศที่ต้องการบำบัด จะถูกสูบลมเข้าเครื่องฟอกอากาศ ด้วยเครื่องสูบลม (Air Blower) อากาศดังกล่าวผ่านการกรองอนุภาคมลสาร ด้วย Particle Filter จากนั้นจะผ่านการดูดซับด้วย Gas Adsorption Unit ซึ่งส่วนมากวัสดุดูดซับ (Adsorbent) ที่เหมาะสมสำหรับการดูดซับ VOC คือ ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) (Noll et. al., 1992; Noll, 1999) ก๊าซที่ผ่านการดูดซับจะถูกทำให้สะอาดและฆ่าเชื้อโรค ด้วย Purification/Disinfection Unit ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วยหลอด UV-C หรือ หลอด UV-C กับ สารโพโตคะตะลิสต์ (Oppenlander, 2003)

4.2 เครื่องฟอกอากาศต้นแบบ

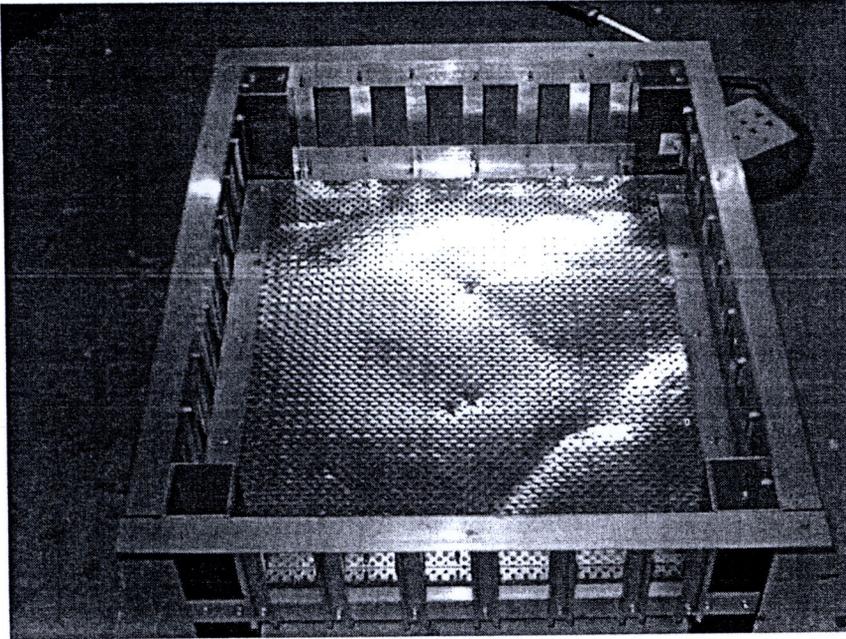
เครื่องฟอกอากาศต้นแบบที่ออกแบบมีขนาด 0.42 x 0.50 x 1.15 ม. (กว้าง x ยาว x สูง) โครงสร้างทำด้วยอลูมิเนียม ทำให้มีน้ำหนักเบา ประกอบกับมีความทนทาน และ มีความสามารถในการสะท้อนแสงได้ดี (ลดการดูดซับของแสงจากหลอด UV) (Oppenlander, 2003) ตลอดจนมีตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 4.2 โดยอาศัยหลักการทำงานของเครื่องฟอกอากาศโดยทั่วไป ดังกล่าวรายละเอียดไว้ในหัวข้อที่ 4.1 ส่วนประกอบของเครื่องฟอกต้นแบบ สามารถแบ่งออกเป็น 5 ส่วนหลักๆ ดังนี้คือ ส่วนที่ 1 ส่วนทางเข้าอากาศ ส่วนที่ 2 ส่วนชุดกรองและชุดดูดซับ ส่วนที่ 3 ส่วนทำความสะอาดก๊าซและน้ำเชื้อ ส่วนที่ 4 ส่วนพัดลมดูดอากาศ และ ส่วนที่ 5 ส่วนทางออกอากาศ (ดูรายละเอียดแบบที่ภาคผนวก ข.) ซึ่งแต่ละส่วนออกแบบเป็นอิสระ สามารถสลับสับเปลี่ยนลำดับตำแหน่งกันได้ (ยกเว้นส่วนที่ 1 และ ส่วนที่ 5) โดยรายละเอียดพอสังเขปของแต่ละส่วนและตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า มีดังนี้



รูปที่ 4.2 เครื่องฟอกอากาศต้นแบบ

4.2.1 ส่วนที่ 1 (ส่วนทางเข้าอากาศ)

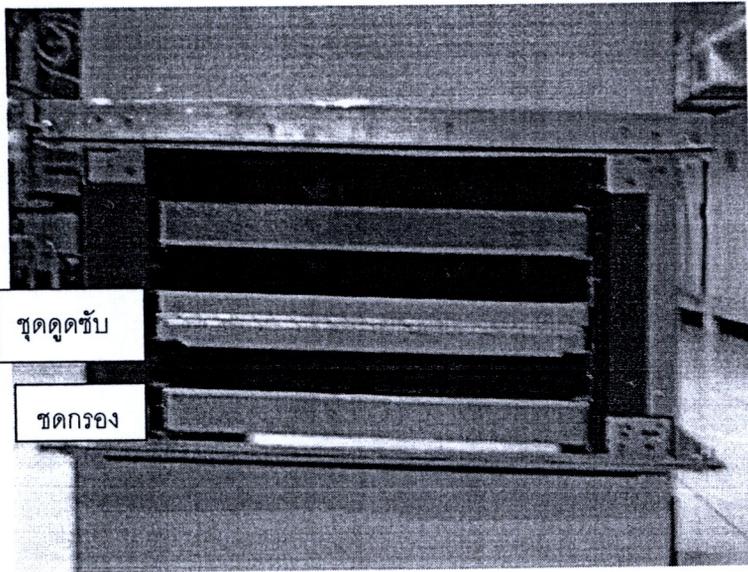
มีขนาด 0.42 x 0.50 x 0.15 ม. (กว้าง x ยาว x สูง) ด้านล่างเป็นตะแกรงอลูมิเนียม ด้านข้างทั้ง 4 เป็นช่องเปิดที่มีแผ่นอลูมิเนียมแบบสไลด์เปิด-ปิดได้ เพื่อเลือกทิศทางการเข้าของอากาศตามต้องการ ด้านบนเปิดโล่ง มีแนวขอบอลูมิเนียมสำหรับชั้นนี้ต่อกับส่วนอื่นต่อไป แสดงดังรูปที่ 4.3



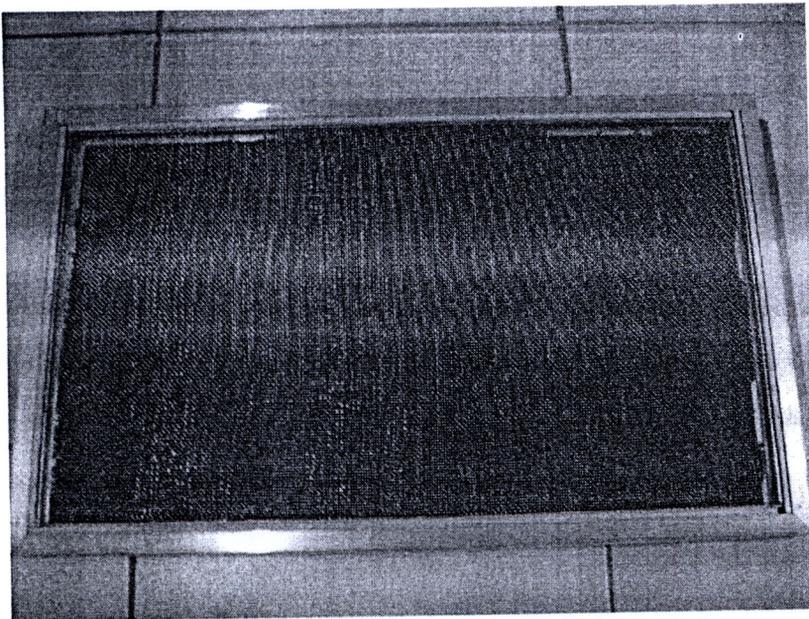
รูปที่ 4.3 ส่วนทางเข้าอากาศ

4.2.2 ส่วนที่ 2 (ส่วนชุดกรองและชุดดูดซับ)

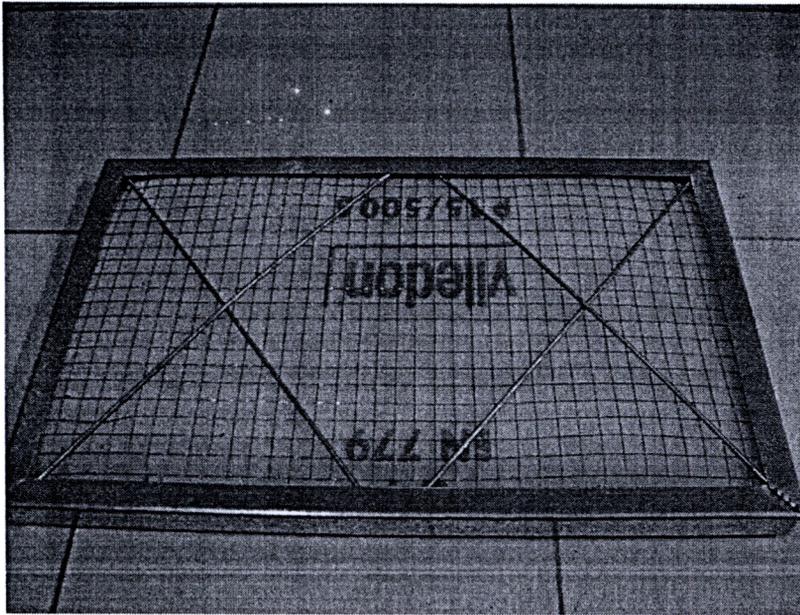
มีขนาด 0.42 x 0.50 x 0.20 ม. (กว้าง x ยาว x สูง) ด้านล่างและด้านบนเปิดโล่ง มีแนวขอบอลูมิเนียมสำหรับชั้นนี้ต่อกับส่วนอื่น ภายในมีช่องสำหรับใส่ชุดกรองและชุดดูดซับ ได้จำนวนทั้งสิ้น 6 ชุด แสดงดังรูปที่ 4.4 สำหรับชุดกรองและชุดดูดซับ ทำด้วยตะแกรงอลูมิเนียมปะกบติดภายในเปิดโล่งไว้สำหรับใส่แผ่นกรองหรือวัสดุดูดซับ แสดงดังรูปที่ 4.5 หรืออาจใช้เป็นโครงสำเร็จพร้อมแผ่นกรองก็ได้ แสดงดังรูปที่ 4.6 สำหรับในโครงการวิจัยชุดกรองที่ใช้เป็นแบบโครงสำเร็จ (pre-filter frame) ตัวแผ่นกรอง ยี่ห้อ Viledon ทำมาจาก Polyester สีขาว หนา 20 mm มีค่า average arrestance 82% และ working temperature < 80 องศาเซลเซียส แสดงดังรูปที่ 4.6 ส่วนชุดดูดซับ ใช้ถ่านกัมมันต์ซึ่งสังเคราะห์จากมูลโคผ่านการกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จำนวน 100 กรัม มีขนาด 600 ไมโครเมตร และมีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ 337 ตารางเมตรต่อกรัม (สุรัชย์ วงชาติ และคณะ 2552) บรรจุในโครงตะแกรงอลูมิเนียมแสดงดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ส่วนชุดกรองและชุดดูดซับ



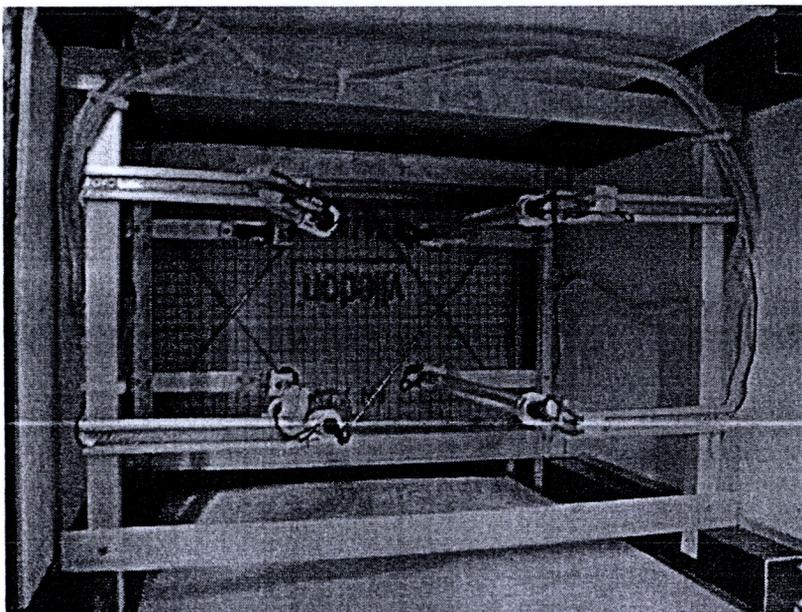
รูปที่ 4.5 โครงตะแกรงอลูมิเนียมปะกบติด สำหรับใส่ชุดกรองหรือชุดดูดซับ



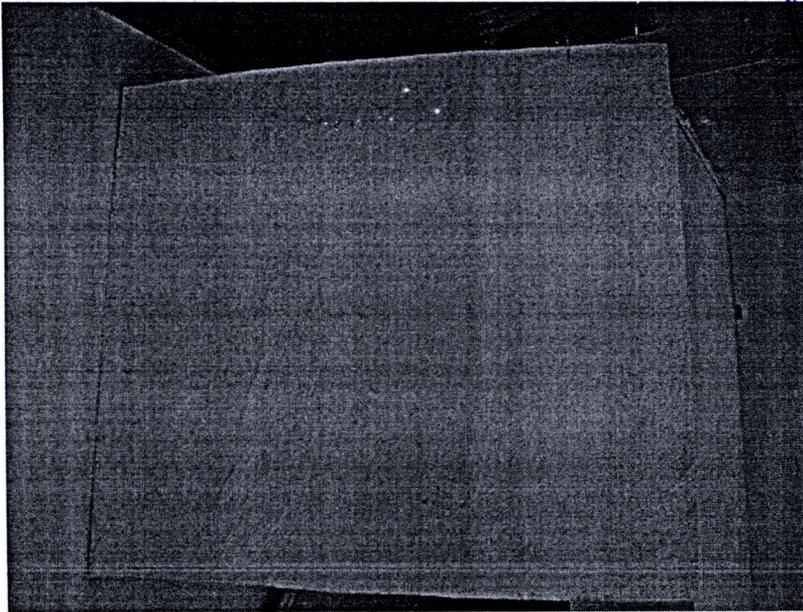
รูปที่ 4.6 โครงสำเร็จพร้อมแผ่นกรอง

4.2.3 ส่วนที่ 3 (ส่วนทำความสะอาดก๊าซและฆ่าเชื้อ)

มีขนาด 0.42 x 0.50 x 0.45 ม. (กว้าง x ยาว x สูง) ด้านล่างและด้านบนเปิดโล่ง มีแนวขอบอลูมิเนียมสำหรับชั้นนี้ติดกับส่วนอื่น ภายในบรรจุหลอดยูวี (Germicidal UV lamp) ยี่ห้อ Sylvania ขนาด 8 W จำนวนทั้งสิ้น 4 หลอดแสดงดังรูปที่ 4.7 สำหรับผนังด้านข้างภายในของแต่ละด้าน มีร่องสำหรับใส่แผ่นตัวเร่งปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติก ออกซิเดชั่น ซึ่งแผ่นตัวเร่งปฏิกิริยาทำด้วยไม้อัดเคลือบด้วยไฟเบอร์กลาสและเคลือบผิวด้วยไททานเนียมไดออกไซด์ แสดงดังรูปที่ 4.8 โดยเทคนิคการเคลือบ ประยุกต์มาจากงานของวิภาดา สนองราษฎร์ และ คณะ (2549) คุรายละเอียดได้ในภาคผนวก ค.



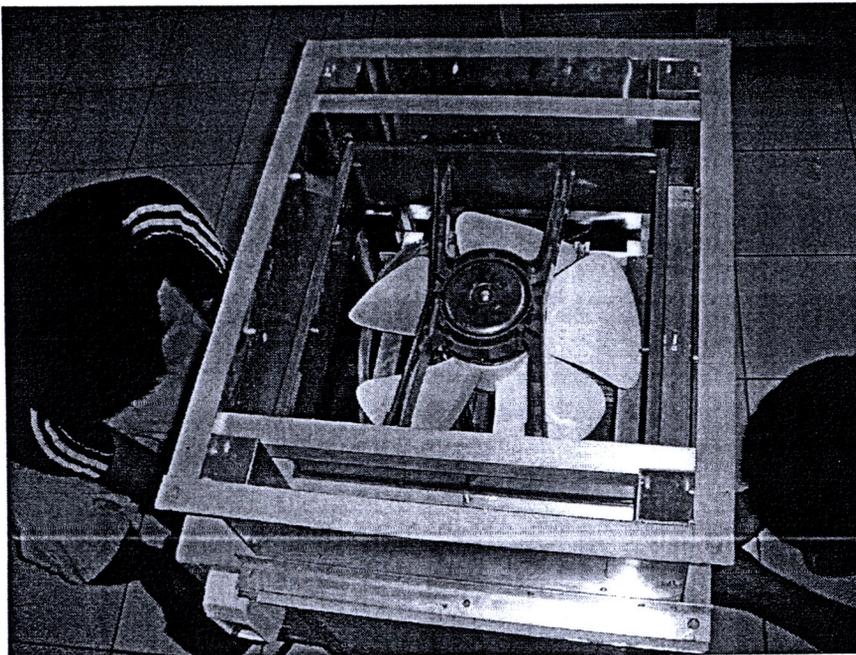
รูปที่ 4.7 ส่วนทำความสะอาดก๊าซและฆ่าเชื้อ



รูปที่ 4.8 แผ่นตัวเร่งปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติก ออกซิเดชัน

4.2.4 ส่วนที่ 4 (ส่วนพัดลมดูดอากาศ)

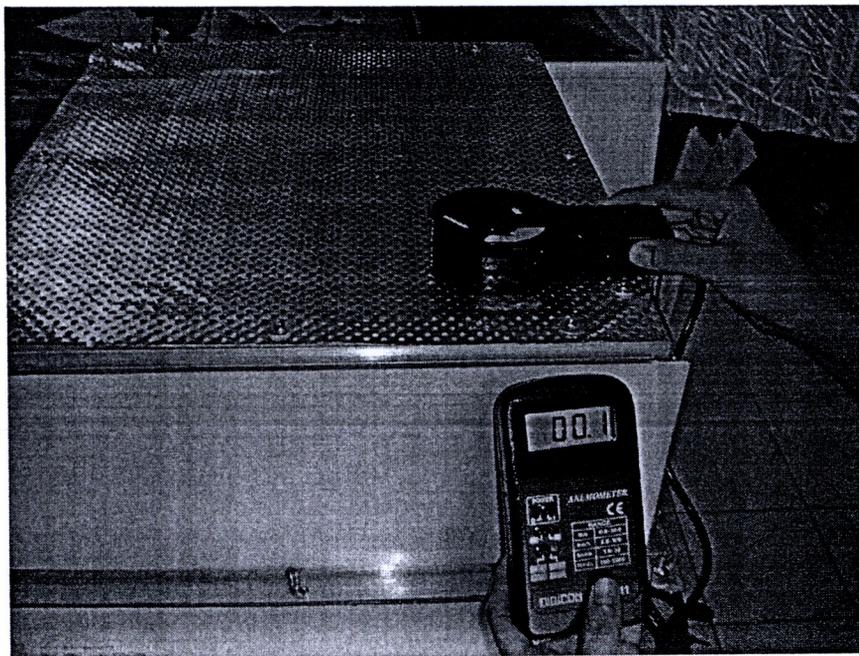
มีขนาด 0.42 x 0.50 x 0.20 ม. (กว้าง x ยาว x สูง) ด้านล่างและด้านบนเปิดโล่ง มีแนวขอบอลูมิเนียมสำหรับขันน๊อตกับส่วนอื่น ภายในติดตั้งพัดลมระบายอากาศ ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางใบพัด 300 mm แรงดันไฟฟ้า 220V 50 Hz กำลังไฟฟ้า 39 W กระแสไฟฟ้า 0.18 A ออกแบบการระบายอากาศ 15-40 ลบ.เมตร/นาที (ความเร็วประมาณ 1.2-3.2 เมตรต่อวินาที) แสดงดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ส่วนพัดลมดูดอากาศ

4.2.5 ส่วนที่ 5 (ส่วนทางออกอากาศ)

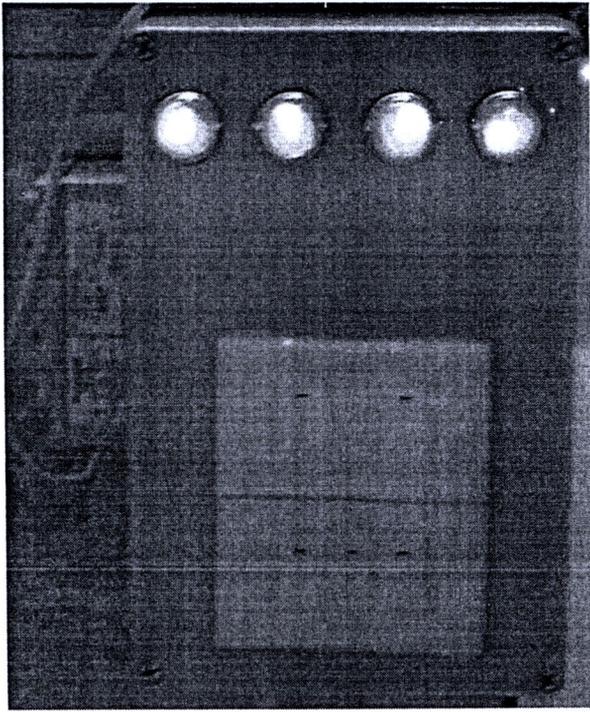
มีขนาด 0.42 x 0.50 x 0.15 ม. (กว้าง x ยาว x สูง) ด้านล่างเปิดโล่ง มีแนวขอบอลูมิเนียม สำหรับชั้นนี้ติดกับส่วนอื่น ด้านบนเป็นตะแกรงอลูมิเนียม ด้านข้างทั้ง 4 เป็นช่องเปิดที่มีแผ่นอลูมิเนียมแบบสไลด์เปิด-ปิดได้ เพื่อเลือกทิศทางการเข้าของอากาศตามต้องการ แสดงดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 ส่วนทางออกอากาศ

4.2.6 ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า

มีขนาดประมาณ 0.20 x 0.30 x 0.10 ม. (กว้าง x ยาว x สูง) ทำด้วยพลาสติกสังเคราะห์ มีปะเก็นยางกันน้ำ มีสวิทช์เปิด-ปิดการทำงานของหลอดยูวีแต่ละหลอดเป็นอิสระ พร้อมหลอดไฟ แสดงการทำงานของหลอด อีกทั้งมีสวิทช์เปิด-ปิดการทำงานของพัดลมดูดอากาศโดยการทำงานเปิด-ปิดของพัดลมดูดอากาศเป็นแบบอัตโนมัติ ควบคุมด้วยนาฬิกาตั้งเวลา แสดงดังรูปที่ 4.11

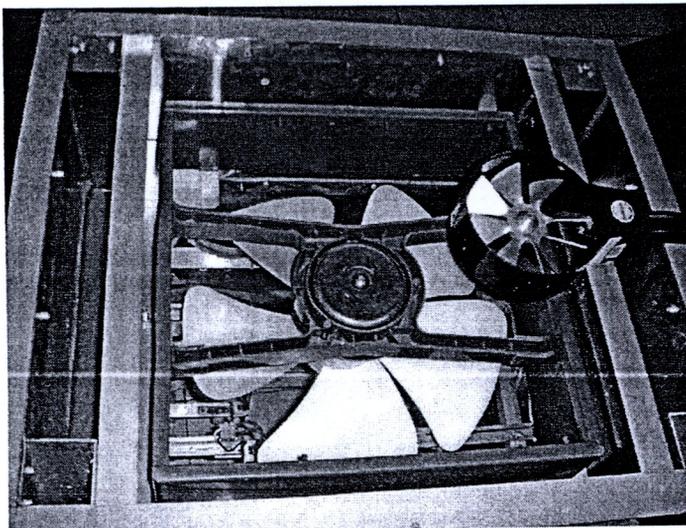


รูปที่ 4.11 ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า

4.3 การทดสอบการทำงานของเครื่องฟอกอากาศก่อนติดตั้ง

4.3.1 การทดสอบความเร็วอากาศทางเข้า-ออกของเครื่องฟอกอากาศ

ความเร็วอากาศทางเข้า-ออก ของเครื่องฟอกอากาศได้ทำการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดความเร็ว แสดงดังรูปที่ 4.12 ซึ่งได้มีการตรวจสอบความเร็วของอากาศผ่านเครื่องฟอกฯ ว่าเป็นไปตามที่ออกแบบหรือไม่ อีกทั้งมีการประกอบส่วนต่างๆของเครื่องฟอกอากาศเข้าด้วยกันในรูปแบบต่างๆ ว่ามีผลกระทบต่อค่าความเร็วอากาศทางเข้า-ออกของเครื่องฟอกอากาศอย่างไร



รูปที่ 4.12 การตรวจวัดความเร็วอากาศทางเข้า-ออกด้วยเครื่องตรวจวัดความเร็ว

จากผลการทดสอบพบว่า กรณีต่างๆ ที่ทำการตรวจวัดสามารถสรุปค่าความเร็วเข้า-ออกเฉลี่ย ได้ดังแสดงสรุปใน ตารางที่ 4.1 (ดูรายละเอียดตำแหน่งต่างๆ มีการวัดความเร็ว ในภาคผนวก ง.)

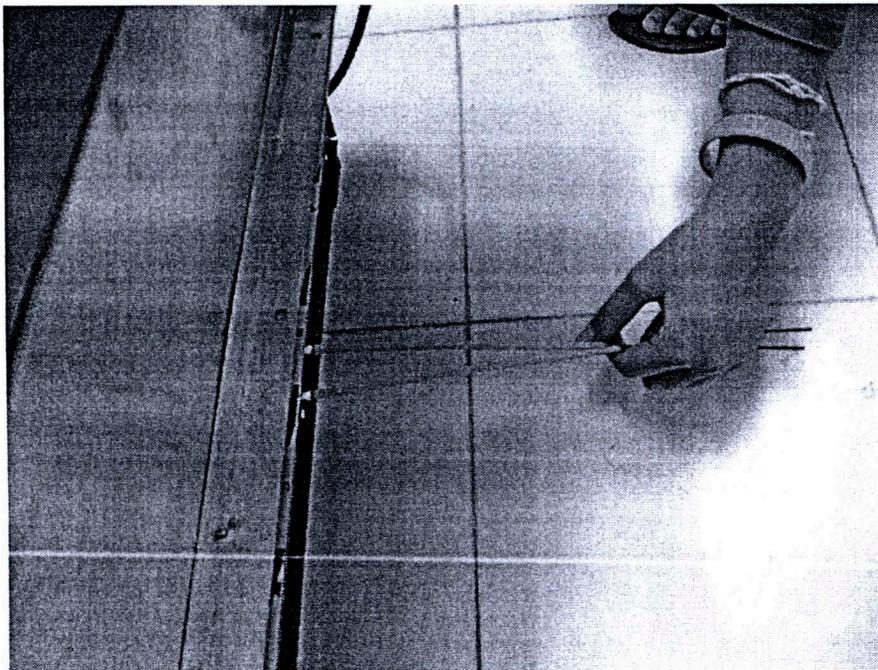
ตารางที่ 4.1 ความเร็วอากาศทางเข้า-ออกเฉลี่ย ของเครื่องฟอกอากาศ

กรณี	รายละเอียด	ความเร็วเข้าเฉลี่ย (m/s)	ความเร็วออกเฉลี่ย (m/s)
1	ประกอบทุกส่วน ยกเว้นส่วนที่ 5	0.83	1.46
2	ประกอบทุกส่วน	1.21	2.20
3	ประกอบทุกส่วน ยกเว้นส่วนที่ 2	0.84	1.49
4	ประกอบทุกส่วน ยกเว้นส่วนที่ 3	1.61	2.67

จากตารางที่ 4.1 พบว่า ค่าความเร็วเข้า-ออกเฉลี่ย กรณีที่ประกอบทุกส่วน มีค่า 1.2 และ 2.2 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงที่ออกแบบไว้ สำหรับรูปแบบการประกอบ พบว่า ส่วนที่ 3 (ส่วนทำความสะอาดก๊าซและน้ำเชื้อ) มีผลกระทบต่อความเร็วเข้า-ออกเฉลี่ย ค่อนข้างมาก

4.3.2 การทดสอบด้วยควันรูป

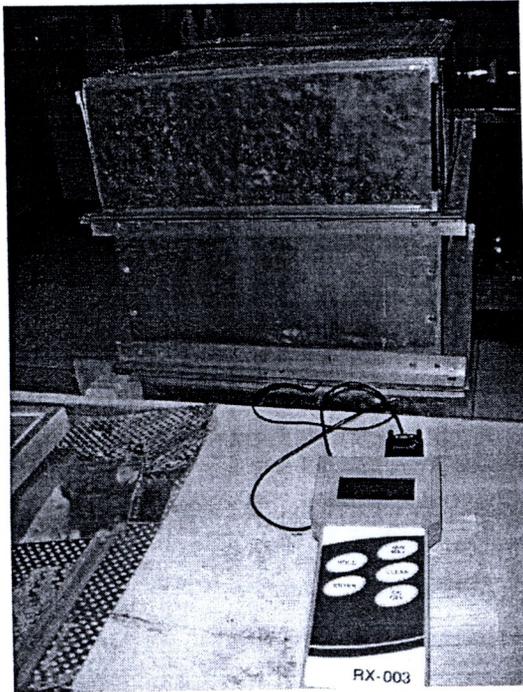
การตรวจสอบการเคลื่อนที่ของอากาศผ่านเครื่องฟอกอากาศด้วยควันรูป แสดงดังรูปที่ 4.13 พบว่าควันรูปมีการเคลื่อนที่เข้าและถูกบำบัดด้วยเครื่องฟอกอากาศ โดยสังเกตจากที่ส่วนทางออกอากาศ ไม่ควันรูปหลงเหลือ



รูปที่ 4.13 การทดสอบด้วยควันรูป

4.3.3 การทดสอบความเข้มแสงของหลอดยูวี

ความเข้มแสงของหลอดยูวี ของส่วนที่ 3 ได้ทำการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดความเข้มแสงยูวีซี (UV-C) ยี่ห้อ Cole Parmer รุ่น S/N 05 1186 ที่ความยาวคลื่น 254 nm แสดงดังรูปที่ 4.14 สามารถสรุปค่าความเข้มของแสง UV-C ที่ทำการตรวจวัดในกรณีต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.2 (ดูรายละเอียดการวัดความเข้มแสง UV-C ของกรณีต่างๆ ได้ ในภาคผนวก จ.) จากตารางที่ 4.2 พบว่าค่าความเข้มแสง UV-C เฉลี่ย สำหรับกรณีเปิดหลอดยูวีทั้ง 4 หลอด โดยทำการเปิดและไม่เปิดพัดลมมีค่าเท่ากับ 0.75 และ 0.94 mW/cm^2 ตามลำดับ ส่วนกรณีที่มีการเปิดหลอด UV-C ไม่ครบทุกหลอด ค่าความเข้มแสง UV-C มีค่าลดลง ขึ้นกับจำนวนหลอดที่เปิด



รูปที่ 4.14 การทดสอบความเข้มแสง UV-C

ตารางที่ 4.2 ความเข้มแสง UV-C ของเครื่องฟอกอากาศ

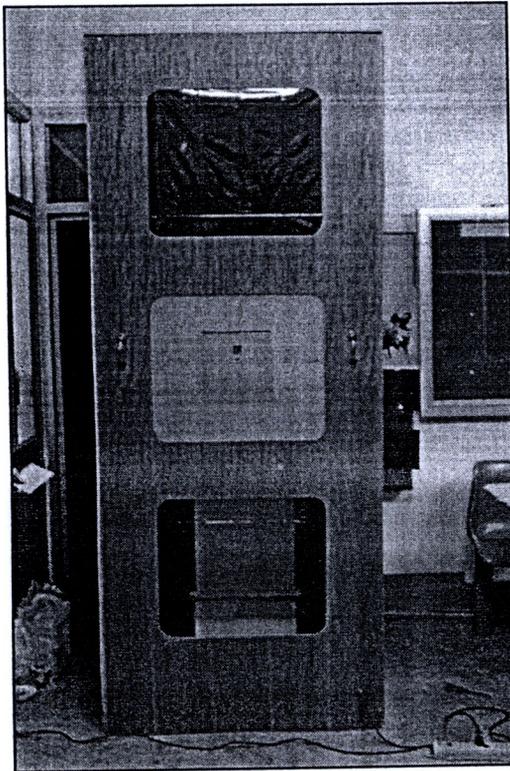
กรณี	รายละเอียด	ความเข้มแสง UV-C เฉลี่ย (mW/cm^2)	
		ไม่เปิดพัดลม	เปิดพัดลม
1	เปิดทั้ง 4 หลอด	0.94	0.75
2	เปิด 3 หลอด	0.49	0.41
3	เปิด 2 หลอด	0.37	0.30
4	เปิด 1 หลอด	0.17	0.14



4.4 การทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดของเครื่องฟอกอากาศ

4.4.1 การทดสอบในระดับห้องจำลอง

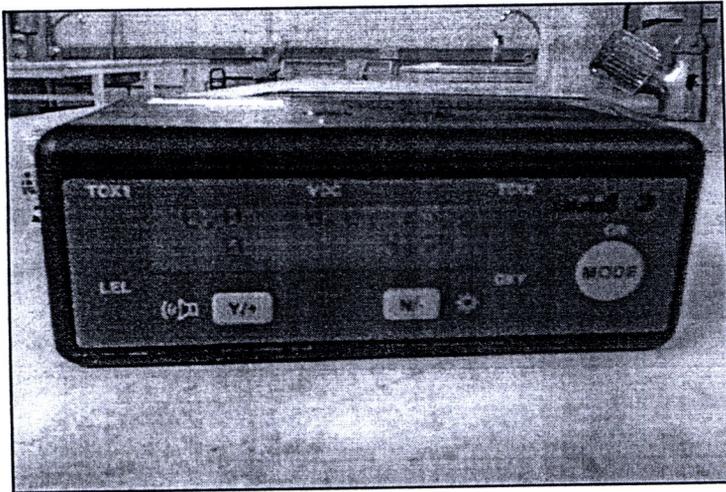
ห้องจำลองที่ใช้ในการศึกษาวิจัย มีขนาดประมาณ 1.20 x 1.00 x 2.40 ม. (กว้าง x ยาว x สูง) ทำด้วยแผ่นไม้อัดหนา 8 มม. ป้องกันการรั่วไหลของอากาศด้วยซีลิโคนและแผ่นพลาสติก แสดงดังรูปที่ 4.15 เนื่องจากความพร้อมของเครื่องตรวจวัดและสารอินทรีย์ก็เป็นหนึ่งในมลภาวะอากาศภายในอาคาร จึงเลือกสารอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (TVOCs) ในการทดสอบประสิทธิภาพ การดูดซับและการออกซิเดชันแบบโฟโตคะตะไลซิส โดยใช้เครื่องวัดก๊าซ ยี่ห้อ MultiRAE IR รุ่น PCM-54 แสดงดังรูปที่ 4.16 ซึ่งได้ผลสรุปดังนี้



รูปที่ 4.15 ห้องจำลองขนาด 1.20 x 1.00 x 2.40 ม. (กว้าง x ยาว x สูง)

สำหรับการดูดซับ ผลจากการทดลองพบว่า ความเข้มข้นของ TVOCs ลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรก และเริ่มเข้าสู่สภาวะสมดุลเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 150 นาที โดยมีประสิทธิภาพในการดูดซับที่ดีที่สุดมากกว่า 90% (สุรัชย์ วงชาติ และ คณะ 2552) ซึ่งสามารถดูรายละเอียดได้ในภาคผนวก ฉ.

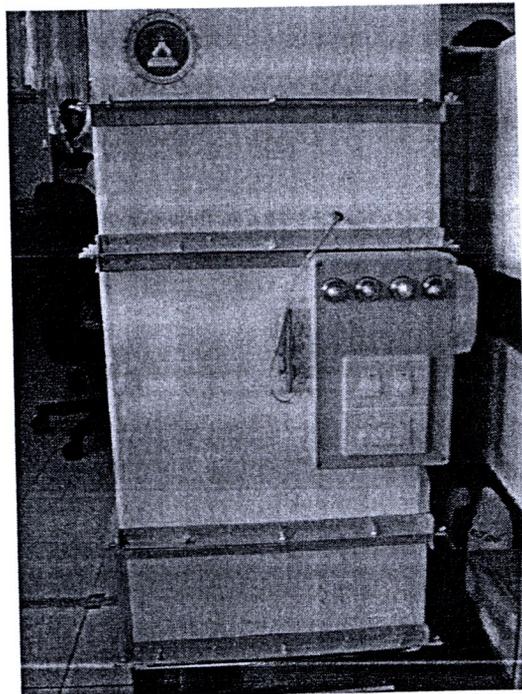
สำหรับการออกซิเดชันแบบโฟโตคะตะไลซิส ผลจากการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพในการบำบัด มีค่าอยู่ในช่วง 82-89% (เอกรัฐ และ คณะ 2552) ซึ่งสามารถดูรายละเอียดได้ในภาคผนวก ฉ.



รูปที่ 4.16 เครื่องวัดก๊าซ ยี่ห้อ MultiRAE IR รุ่น PCM-54

4.4.3 การทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดของเครื่องฟอกอากาศ ที่โรงพยาบาล

เมื่อเครื่องฟอกอากาศต้นแบบผ่านการทดสอบซึ่งกล่าวรายละเอียดในหัวข้อ 4.4.2 แล้ว จึงได้นำเครื่องฟอกอากาศดังกล่าวไปติดตั้งที่ห้องผู้ป่วย 2/2 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการบำบัดอากาศที่หน่วยงานจริง แสดงดังรูปที่ 4.17 (ดูรายละเอียดตำแหน่งติดตั้งที่รูปที่ 2.4) โดยพารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ได้กล่าวรายละเอียดไว้แล้วในหัวข้อ 2.4 ทำการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ ก่อนและหลังการติดตั้งเครื่องฟอกอากาศ โดยจะกล่าวถึงรายละเอียดผลการทดสอบ ในบทที่ 5



รูปที่ 4.17 เครื่องฟอกอากาศที่ติดตั้งที่ห้องผู้ป่วย 2/2