บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ในการออกแบบและสร้างกังหันน้ำและเคลือบฟิล์มลงบนกังหันน้ำเพื่อนำไปใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือนหรือชุมชน ซึ่งในการวิจัยได้มีการพิจารณาส่วนสำคัญในการดำเนินการวิจัยและหาคำตอบ คือ กังหันน้ำที่ออกแบบควรมีลักษณะอย่างไร ฟิล์มเคลือบลงบนกังหันน้ำเพื่อใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงต้องเคลือบอย่างไรและเงื่อนไขการเตรียมฟิล์มที่เหมาะสมเป็นอย่างไร ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียที่ได้จากกังหันน้ำที่เคลือบฟิล์มมีประสิทธิภาพมากน้อยแค่ไหน ซึ่งจากผลการวิจัย จึงได้มีคำตอบสำหรับคำถามข้างต้นดังต่อไปนี้

5.1.1 การออกแบบกังหันและการควบคุม

ในการออกแบบกังหันได้ออกแบบให้ฟิล์มเคลือบของกังหันสัมผัสกับน้ำเสียที่ต้องการบำบัดให้มากที่สุด โดยใบพัดของกังหันสามารถสัมผัสกับน้ำเสียและกับแสงได้ไปพร้อมๆ กัน โดยกังหันที่ออกแบบมีใบพัดที่เคลือบฟิล์มทั้งหมด 24 แผ่น ขนาดใบพัด 10.0×10.5 cm^2 รวมพื้นที่ทั้งด้านบนและด้านล่างที่สัมผัสน้ำและแสงเป็น 2×24×10.0×10.5 = 0.504 m^2 ภายใต้ปริมาตรการทำงานในการบำบัดน้ำเสีย 0.0135 m^3 ในอ่างปริมาตร 0.043 m^3 และพื้นที่ในการทำงาน 0.09 m^2 โดยระบบได้ถูกออกแบบให้มีมอเตอร์ควบคุมการหมุนเพื่อเติมอากาศเข้าสู่น้ำเสียที่ต้องการบำบัด ด้วยระบบควบคุมสามารถปรับเปลี่ยนค่าอัตราเร็วในการหมุนได้ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถป้อนค่า ระดับการหมุน และตรวจสอบอัตราเร็วรอบในการหมุนได้ โดยในการควบคุมอัตราการหมุนเพื่อบำบัดน้ำเสียในระบบปิดกำหนดให้มีอัตราเร็ว 17 rev./min. ซึ่งเป็นอัตราเร็วที่ไม่ทำให้น้ำกระเด็นออกจากระบบปิดที่ต้องการทดสอบประสิทธิภาพในการบำบัดและเป็นอัตราเร็วที่เติมอากาศลงในน้ำเสียได้ดี

5.1.2 ฟิล์มเคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์บนสแตนเลส

จากการศึกษาพบว่าฟิล์มไทเทเนียมออกไซด์เคลือบบนสแตนเลส เกรด 304 ซึ่งเป็นแผ่นรองเคลือบพบว่าเงื่อนไขที่เหมาะสมในการเตรียมเป็นฟิล์มสำหรับบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือนหรือชุมชน เตรียมได้ดังนี้คือ

- อัตราส่วนระหว่าง TTIP:IPP คือ 1:10 โดยปริมาตร เพราะให้ฟิล์มที่ยึดเกาะกับสแตนเลสได้ดี และให้ฟิล์มที่ไม่บางเกินไปต่อการเคลือบแต่ละครั้ง

○ อัตราเร็วในการจุ่มเคลือบ อยู่ในช่วง 0.12-0.15 cm/s ซึ่งเป็นอัตราเร็วในการจุ่มเคลือบที่ทำให้ฟิล์มเคลือบบนสแตนเลสค่อนข้างสม่ำเสมอ และทำให้ฟิล์มในการเคลือบแต่ละครั้งไม่หนาจนเกินไปจนฟิล์มหลุดลอกและแตกเป็นแผ่น

○ อุณหภูมิในการอบอ่อนฟิล์มเคลือบ อยู่ในช่วง 500-700°C ซึ่งจะทำให้ฟิล์มที่ได้เปลี่ยนจากโครงสร้างอสัญฐานก่อนอบอ่อนไปเป็นฟิล์ม TiO_2 เฟสอนาเทส ที่มีระนาบหลักคือ A(101) อย่างไรก็ตามที่อุณหภูมิในการอบอ่อน 500 °C จะให้ฟิล์มที่มีเกรนขนาดค่อนข้างสม่ำเสมอและเกรนมีขนาดเล็ก โดยมีขนาดประมาณ 10-50 nm ซึ่งลักษณะเกรนที่เป็นปุ่มกลมๆ และขนาดค่อนข้างเล็กในระดับนาโนเมตร ส่งผลให้ได้พื้นผิวสัมผัส (surface area) สำหรับผิวที่ช่วยเร่งปฏิกิริยามีค่าค่อนข้างสูง ซึ่งจะส่งผลต่อความสามารถในเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงที่ดี

อุณหภูมิที่สูงกว่า 700 °C จะเร่งให้สแตนเลสเกิดสนิมและทำให้ฟิล์มเคลือบหลุดร่อน

○ จำนวนรอบในการจุ่มเคลือบ จำนวนรอบในการจุ่มเคลือบที่มากขึ้นจะทำให้ฟิล์มมีความหนามากขึ้นซึ่งส่งผลดีต่อปริมาณผลึกฟิล์ม TiO_2 ที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง แต่อย่างไรก็ตามกรณีที่ฟิล์มหนาเกินไปถ้าหากฟิล์มเคลือบมีความหนาไม่สม่ำเสมอ จะทำให้ฟิล์มมีความเค้นเกิดขึ้นและอาจแตกและหลุดลอกในบางตำแหน่งได้ อย่างไรก็ตามจำนวนรอบที่จุ่มเคลือบที่ทำได้โดยฟิล์มไม่หลุดลอก คือ 30 รอบ

5.1.3 ความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง

ในการศึกษาการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง ซึ่งทดสอบความสามารถของกังหันน้ำที่เคลือบด้วยฟิล์ม TiO_2 (Coated TiO_2 water wheel: CTWW) และไม่เคลือบด้วยฟิล์ม TiO_2 (Uncoated TiO_2 water wheel :UTWW)โดยการจางสีหรือย่อยสลายเมทิลลีนบลู : MB โดยที่ให้ครึ่งหนึ่งของกังหันน้ำจุ่มในอ่างที่มี MB ความเข้มข้น 0.05 mmol/L การทดสอบทำภายใต้แสงอาทิตย์ที่เป็นเวลา 3 วัน จากเวลา 8.30-16.30 นาฬิกา ซึ่ง รวมเป็น 24 hrs.

พบว่า CTWW มีประสิทธิภาพในการจางสี 35.6% ภายใน 24 hrs. ภายใต้แสงอาทิตย์ และมีประสิทธิภาพมากกว่า UTWW อยู่ที่ 21.7%

5.1.4 ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย

คุณลักษณะน้ำเสียจากครัวเรือนที่ทดสอบ ได้แก่ COD BOD TS TSS TDS FOG PO_4^{3-} และ TKN โดยนำน้ำเสียจากร้านอาหารก่อนเข้าระบบบำบัดของมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา เป็นตัวแทนน้ำเสียจากชุมชน การบำบัดน้ำเสียทำภายใต้กระบวนการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงยูวี Black light bulk ความเข้มแสงยูวีเฉลี่ย 0.89 mW/cm^2 เปรียบเทียบระหว่าง CTWW และ UTWW โดย พิจารณาผลการทดลองดัง ตารางที่ 4.2 และประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียดังแสดงใน ตารางที่ 4.3 พบว่าประสิทธิภาพในการบำบัดของ CTWW สูงกว่า UTWW ทุกค่าคุณลักษณะน้ำเสีย ยกเว้น ค่า TSS ที่

UTWW สูงกว่า CTWW ซึ่งการบำบัดน้ำเสียโดยรวม พบว่าการบำบัดน้ำเสียโดยรวม CTWW สูงกว่า UTWW โดยเฉพาะประสิทธิภาพในการบำบัด COD TS TDS และ PO_4^{3-} ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า UTWW อยู่ ซึ่งเมื่อคิดเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างสูงกว่า 100%

5.2 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ในการศึกษาสมบัติของฟิล์มพบว่ามี ตัวแปรบางตัวที่น่าสนใจ และควรศึกษาทำวิจัยเพิ่มเติมต่อไป การสร้างฟิล์มในรูปแบบต่างๆ ความพรุนของฟิล์ม การเจือสารในฟิล์ม เพื่อเพิ่มความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง

2. ควรศึกษาเปรียบเทียบ รูปแบบการออกแบบกังหันน้ำเพิ่มเติม รวมถึงการศึกษา การบำบัดน้ำเสียด้วยเทคนิคการเติมอากาศและมีตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงร่วมกับเทคนิคอื่นๆ

3. ขยายขอบเขตศึกษาการบำบัดน้ำเสีย ไปสู่การศึกษาการบำบัดน้ำเสียภาคอุตสาหกรรม เช่น น้ำเสียจากอุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมการผลิตอาหาร เป็นต้น

4. ควรศึกษาแนวทางความเป็นไปได้และออกแบบระบบการบำบัดโดยเทคนิควิจัย เพื่อเข้าสู่การบำบัดน้ำเสียจริง