การพัฒนานวัตกรรมต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาดเพื่อส่งเสริมสุขาภิบาลน้ำในช่วงสถานการณ์ COVID-19

Developing an innovative clean water machine prototype to promote water sanitation during the COVID-19 situation

ศิริชัย สาระมนัส

วรินธร บุญยะโรจน์

จิระศักดิ์ ธาระจักร์

งานวิจัยได้รับการจัดสรรงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อเรื่อง การพัฒนานวัตกรรมต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาดเพื่อส่งเสริมสุขาภิบาลน้ำในช่วงสถานการณ์ COVID-19

ผู้วิจัย ศิริชัย สาระมนัส
วรินธร บุญยะโรจน์
จิระศักดิ์ ธาระจักร์

ปีที่ทำวิจัย พ.ศ. 2565

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ได้ทดสอบการปรับปรุงคุณภาพน้ำ ณ คลองรังสิต จังหวัดปทุมธานี ซึ่งน้ำเข้าสู่ระบบได้ผ่านการกรองด้วยต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาดและควบคุมการทำงานของปั๊มและเซนเซอร์แบบอัตโนมัติ ซึ่งน้ำที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพนั้นมีลักษณะใส ไม่มีสี และมีประสิทธิภาพในการบำบัดสารปนเปื้อนในน้ำได้ร้อยละ 99 ซึ่งการนำเซนเซอร์ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด และอุณหภูมิ มาใช้เพื่อเป็นส่วนหนึ่งในการพิจารณาการแบ่งเกณฑ์คุณภาพน้ำใช้ ตามเกณฑ์คุณภาพน้ำของกรมควบคุมมลพิษ ที่ได้กำหนดไว้ โดยข้อมูลที่ได้สามารถนำมาใช้เพื่อเป็นส่วนหนึ่งในการพิจารณาการแบ่งเกณฑ์คุณภาพน้ำใช้ตามเกณฑ์คุณภาพน้ำของกรมควบคุมมลพิษ ที่แบ่งออกเป็น 4 เกณฑ์ ได้แก่ คุณภาพน้ำดีมาก คุณภาพน้ำดี คุณภาพน้ำเสื่อมโทรม และคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมมาก โดยการพัฒนานวัตกรรมต้นแบบการพัฒนานวัตกรรมต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาดเพื่อส่งเสริมสุขาภิบาลน้ำในช่วงสถานการณ์ COVID-19 และสถานการณ์น้ำท่วมที่อาจเกิดขึ้นทั่วภูมิภาคของประเทศ ซึ่งสามารถใช้งานได้ง่าย ไม่มีความซับซ้อน และสามารถผลิตน้ำสะอาดเพื่อใช้งานได้ และสามารถพกพาได้ เนื่องจากต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาดที่ผลิตขึ้นนั้นมีแบตเตอรี่เพื่อสำรองไฟสำหรับส่วนควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำและหลอดไฟ UV โดยการกรองน้ำผ่านขั้นตอนต่างๆ ของต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาด ไม่มีการใช้พลังงานและไม่มีน้ำทิ้งคงเหลือจากการกรอง ซึ่งน้ำที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพนั้นมีลักษณะใส ไม่มีสี และมีประสิทธิภาพในการบำบัดสารปนเปื้อนในน้ำได้ร้อยละ 99

คำสำคัญ : นวัตกรรม สุขาภิบาลน้ำ COVID-19

Title	Developing an innovative clean water machine prototype to promote water sanitation during the COVID-19 situation	
Researcher	Sirichai	Saramanus
	Varinthorn	Boonyaroj
	Jirasak	Tharajak
Year	2022	

Abstract

In Klong Rangsit, Pathumthani province, where the water entering was filtered by a prototype quality water machine and autonomously controlled by pumps and sensors, this research tested improvements to water quality. It employs a total dissolved solid and temperature sensor as part of the consideration of the water quality criterion in accordance with the water quality requirements of the Pollution Control Department, and is 99% successful in treating contaminants in water. According to the Pollution Control Department's water quality criteria, which are divided into four main categories: very good water quality, good water quality, degraded water quality, and very degraded water quality, it is used in the analysis of the division of the four categories of water quality. Machines for producing good quality water to maintain water sanitation during COVID-19 and anticipated flooding across the nation. This is simple to use. Since the made quality water machine prototype has a battery to back up the power for the pump and UV lamp control by filtering water through various stages of a quality water producer prototype, it is simple, can generate clean water for usage, and can be carried. No energy is used, and there is no residue filtration effluent. It eliminates 99 percent of water pollutants and has no color.

Keywords: Innovation, Water Sanitation, COVID-19

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย งบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565

นอกจากนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้ สถานที่ อุปกรณ์ ในการดำเนินการวิจัย ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ฝ่ายวิชาการและวิจัย ตลอดจนเจ้าหน้าที่ฝ่ายการเงินและพัสดุทุกท่าน

ท้ายสุดนี้ คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ผลงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องที่จะนำผลงานวิจัยนี้ไปใช้ประโยชน์

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(ก)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(ข)
กิตติกรรมประกาศ	(ค)
สารบัญ	(ง)
บัญชีตาราง	(ฉ)
บัญชีภาพประกอบ	(ช)
1. บทนำ	**1**
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย	2
1.5 แผนการดำเนินการวิจัยโครงการวิจัย	2
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	**3**
2.1 น้ำและการปรับปรุงคุณภาพน้ำ	3
2.2 การกรองด้วยเยื่อกรองเมมเบรน (Membrane Filtration)	5
2.3 การแลกเปลี่ยนอิออน	6
2.4 เซนเซอร์	7
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
3. วิธีดำเนินการวิจัย	**9**
3.1 การออกแบบต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาด	9
3.2 การทำงานต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาด	12

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล **13**

4.1 ผลการออกแบบต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาด 13

4.2 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาด 19

4.3 ผลการทำงานของระบบควบคุมการทำงานของต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาด 22

5. สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ **32**

5.1 สรุปผลการวิจัย 32

5.2 ข้อเสนอแนะ 32

บรรณานุกรม **32**

ประวัติผู้วิจัย **35**

บัญชีตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	ข้อกำหนดการออกแบบความสามารถของต้นแบบการเครื่องผลิตน้ำสะอาด	11
3.2	รายละเอียดควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำและหลอดไฟ UV	12
4.1	ความสามารถของต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาด ตามข้อกำหนดสำหรับการออกแบบ	19

บัญชีภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
1.1	กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	2
3.1	แบบไดอะแกรมแผนผัง (Schematic Diagram) ของต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาด	10
3.2	หลอดไฟ UV	10
3.3	แบบไดอะแกรมแผนผัง (Schematic Diagram) ชุดควบคุมการทำงานของต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาด	11
4.1	แบบร่างส่วนควบคุมการทำงานของต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาด (ด้านหน้าและด้านข้าง)	13
4.2	แบบร่างส่วนควบคุมการทำงานของต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาด (ด้านหลัง)	14
4.3	ส่วนการติดตั้งเซนเซอร์วัดค่าของแข็งละลายน้ำและอุณหภูมิ	15
4.4	Peristatic pump สำหรับน้ำเข้า	16
4.5	ส่วนการนำเข้าข้อมูล (Input)	16
4.6	ส่วนการประมวลผล (Processing)	17
4.7	ส่วนการแสดงผล (Display)	17
4.8	ส่วนคุมการทำงานของปั๊มน้ำและหลอดไฟ UV	18
4.9	ภาพรวมของระบบการควบคุมต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาด	18
4.10	ภาพรวมของต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาด	21
4.11	อัตราการไหลของน้ำที่ผ่านปั๊ม	22
4.12	แผนผังการทำงานของต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาด	24
4.13	อุณหภูมิของชุดการทดสอบ (ชุดการทดสอบที่ 1)	25
4.14	ค่า TDS และ EC ของน้ำประปา (ชุดการทดสอบที่ 1)	26
4.15	ค่า TDS และ EC ของน้ำประปา (ชุดการทดสอบที่ 2)	27
4.16	ค่า TDS และ EC ของน้ำฝน (ชุดการทดสอบที่ 1)	28
4.17	ค่า TDS และ EC ของน้ำฝน (ชุดการทดสอบที่ 2)	29
4.18	ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในระดับภาคสนาม	30
4.19	สีของน้ำก่อน (ซ้าย) และหลังการบำบัด (ขวา)	30

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

นโยบายยุทธศาสตร์การอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม พ.ศ. 2563-2570 และแผนด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม พ.ศ. 2563-2565 ยุทธศาสตร์การจัดการมลพิษ 20 ปี และแผนจัดการมลพิษ พ.ศ. 2561–2580 ตลอดจนนโยบายรัฐบาล เรื่อง การพัฒนาและส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การวิจัยและพัฒนาและนวัตกรรม นโยบายมหาวิทยาลัยที่ต้องพัฒนางานวิจัย นวัตกรรม เพื่อการขับเคลื่อนการพัฒนาประเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เป็นหน่วยงานทางการศึกษาทำหน้าที่ให้บริการด้านการศึกษา ซึ่งมีผู้เข้ารับบริการในพื้นที่ทั้งนักศึกษาและบุคลากร

ปัจจุบันสถานการณ์ความเค็มรุกคืบเข้าสู่แม่น้ำเจ้าพระยาและแหล่งผลิตน้ำเพื่อใช้ในการอุปโภคและบริโภค ส่งผลให้ระบบการผลิตน้ำประปามีค่าความเค็มมากเกินกว่าปกติ อันจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน อีกทั้งทรัพยากรน้ำที่ยังไม่สามารถจัดสรรได้ตามต้องการได้อย่างเต็มศักยภาพและมีความเสี่ยงในการขาดแคลนในอนาคต โดยปัญหาดังกล่าว อาจมีสาเหตุมาจากคุณภาพน้ำดิบและน้ำประปาในช่วงน้ำทะเลหนุน อีกทั้งขณะนี้ประเทศไทยกำลังเผชิญกับสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัส COVID-19 ประชาชนยังคงมีความจำเป็นต้องใช้น้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภค ซึ่งมีโอกาสเสี่ยงต่อการติดเชื้อดังกล่าว

เทคโนโลยีการแยกด้วยเยื่อกรอง (Membrane) เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำที่มีประสิทธิภาพ คณะผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญในการพัฒนานวัตกรรมต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาดเพื่อส่งเสริมสุขาภิบาลน้ำในช่วงสถานการณ์ COVID-19 ตอบสนองนโยบายของรัฐบาล และนโยบายของมหาวิทยาลัยฯ รวมถึงรองรับนโยบายของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ต้องการพัฒนาทางด้านสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย (Green & Clean Faculty) งานวิจัยนี้จะช่วยลดการปนเปื้อนของน้ำใช้ และสร้างความเชื่อมั่นในการใช้น้ำภายในคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้แก่นักศึกษาและบุคลากร รวมถึงต่อยอดงานวิจัย เรื่อง “การพัฒนาระบบเฝ้าสังเกตการแทรกตัวของน้ำเค็มสำหรับพื้นที่ปลูกทุเรียนจังหวัดนนทบุรี” ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนานวัตกรรมต้นแบบผลิตน้ำสะอาด

1.2.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของต้นแบบผลิตน้ำสะอาด

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 พื้นที่วิจัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1.3.2 ใช้เทคโนโลยีเยื่อกรอง (Membrane) ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำใช้

1.4 กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย

ภาพที่ 1.1 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

1.5 แผนการดำเนินการวิจัย

ระยะเวลาดำเนินโครงการวิจัย ตั้งแต่ วันที่ 1 ตุลาคม 2564 ถึง 30 กันยายน 2565

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 น้ำและการปรับปรุงคุณภาพน้ำ

ปัญหาน้ำทะเลหนุนสูงในช่วงหน้าแล้งของทุกปี อาจมีสาเหตุจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ น้ำทะเลจึงหนุนขึ้นมาปนกับน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาโดยเฉพาะพื้นที่กรุงเทพฯ ฝั่งตะวันออก และอาจเกิดจากแรงดันน้ำที่ไหลมาจากแม่น้ำปิง วัง ยม และน่าน ที่ลดลงในหน้าน้ำแล้งเนื่องจากถูกดึงไปทำการเกษตร มากถึง 70% และระบบประปา น้ำผิวดินจากแหล่งที่นำไปผลิตน้ำประปามีความเค็ม [2] ซึ่งผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงความเค็มในแหล่งน้ำ ได้แก่ ผลกระทบต่อระบบนิเวศชายฝั่ง : ปะการัง และสัตว์น้ำจะหยุดการเจริญเติบโต ผลผลิตพืชอาหารลดลง: รากพืชไม่สามารถดูดซึมธาตุอาหารได้ ผลกระทบของดินเค็ม: ลักษณะสมบัติของชั้นดิน และโครงสร้างดิน ผลกระทบต่อสุขภาพ: โรคขาดสารอาหารเนื่องจากพืชอาหารผลิตได้น้อยลง โรคเกี่ยวกับไต ความดันโลหิตสูงและโรคหัวใจและหลอดเลือด ผลกระทบต่อสังคมและเศรษฐกิจ: การประมงและการเกษตรได้รับความเสียหาย สูญเสียพื้นที่ใช้สอย และขาดแคลนน้ำบาดาลที่เป็นน้ำจืด

การปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภคอาจใช้ระบบการกรอง RO (Reverse Osmosis) ให้ถูกวิธีเพื่อให้ได้น้ำที่สะอาด ปราศจากความเค็มจากโซเดียมคลอไรด์ แต่ก็ปราศจากแร่ธาตุทุกชนิดด้วยเช่นกัน ซึ่งไม่เหมาะนำมาใช้ในการดื่มเป็นประจำ เนื่องจากจะทำให้ร่างกายขาดแร่ธาตุได้ แต่วิธีการที่ดีคือให้นำน้ำที่ผ่านกระบวนการ RO อย่างสมบูรณ์มาผสมกับน้ำที่ผ่านกระบวนการกรองระดับเบื้องต้น คือ กรองความขุ่น กรองกลิ่นคลอรีน และกำจัดความกระด้างของน้ำ จะทำให้ได้น้ำที่มีความสะอาด ไม่มีผลกระทบจากเกลือ แต่ยังคงมีแร่ธาตุสำคัญบางอย่างหลงเหลืออยู่ [3]

การแยกด้วยเยื่อกรอง เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้สำหรับการจัดการน้ำที่มีสารปนเปื้อน โดยปัจจัยการกำจัดสารอนินทรีย์ละลาย ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำ จำนวนกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน ชนิดและ

จำนวนของอิออน ความสามารถดักสารอนินทรีย์ของแต่ละสาร การเกิดตะกรันและเมือกบนผิวเมมเบรน อัตราการไหลของน้ำ จำนวนและการจัดวางระบบถัง [3]

พารามิเตอร์พื้นฐานในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ [3] ประกอบด้วย

คุณภาพน้ำทางกายภาพ (Physical Characteristics) เกิดจากสิ่งปนเปื้อนที่ทำให้ลักษณะทางกายภาพของน้ำแตกต่างกัน ได้แก่ การดมกลิ่น การชิมรส การดูสี และการสัมผัสน้ำด้วยผิวหนัง ข้อมูลสำคัญที่บ่งชี้คุณภาพน้ำทางกายภาพ ได้แก่ สี กลิ่น รส ความขุ่น อุณหภูมิ ของแข็งแขวนลอย (Total Suspended Solid) การนำไฟฟ้า และลักษณะทางกายภาพอื่นๆ ได้แก่ ความหนาแน่น ความหนืด เป็นต้น

คุณภาพน้ำทางเคมี (Chemical Characteristics) เกิดจากการมีแร่ธาตุและสารเคมีเจือปนกับน้ำ ทำให้คุณภาพของน้ำเปลี่ยนแปลงไป ตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำทางเคมีที่สำคัญ ได้แก่ ความกระด้าง ความเป็นกรด-ด่าง ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen หรือ DO) ค่าความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand หรือ BOD) แร่ธาตุต่างๆ เช่น ตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม ปรอท เหล็ก แมงกานีส ทองแดง สังกะสี รวมถึงวัตถุมีพิษ เป็นต้น

คุณภาพน้ำทางชีวภาพ (Biological Characteristics) เกิดจากจุลินทรีย์ที่เจือปนอยู่ในน้ำ ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสารเคมีหรือสิ่งปนเปื้อนในน้ำ ทำให้น้ำมีลักษณะเปลี่ยนแปลงไป เช่น แบคทีเรีย โปรโตซัว ฟังไจ พยาธิ โดยเฉพาะอย่างยิ่งไวรัส มิฉะนั้นอาจมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของผู้ใช้น้ำ

2.2 การกรองด้วยเยื่อกรองเมมเบรน (Membrane Filtration)

กระบวนการกรองผ่านเยื่อกรอง (Membrane Filtration) มีบทบาทที่สำคัญในงานด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งนอกจากการบำบัดน้ำเสียแล้ว ยังมีศักยภาพสำหรับการนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่ สำหรับกระบวนกรองที่ใช้เยื่อกรองเพื่อแยกสารให้มีความบริสุทธิ์ขึ้นนั้นต้องอาศัยแรงดันที่ทำให้ของผสมหรือสารละลายไหลผ่านเยื่อกรอง (Pressure Fluid) โดยเยื่อกรองจะมีคุณสมบัติในการเลือกผ่านของสารหนึ่งมากกว่าสารหนึ่ง (Semi-permeable/Perm Selective) เยื่อกรองมีทั้งที่ผลิตจากสารอินทรีย์ซึ่งส่วนใหญ่เป็นชนิดโพลิเมอร์ และสารอนินทรีย์ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเซรามิก สำหรับกระบวนการกรองสามารถแบ่งได้เป็น 4 กระบวนการ โดยอาศัยหลักการแยกด้วยแรงขับดัน (Drive Pressure) ในการแยกโมเลกุลขนาดเล็ก ไปจนถึงโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ ได้แก่ ออสโมซิสผันกลับ (Reverse Osmosis) นาโนฟิลเตรชัน (Nanofiltration) อัลตราฟิลเตรชัน (Ultrafiltration) และไมโครฟิลเตรชัน (Microfiltration) ตามลำดับ [8]

ชนิดของเยื่อกรอง (Type of Membrane Filtration) ในการประยุกต์ใช้เยื่อกรองสำหรับแยกอนุภาคและโมเลกุลนั้น จะต้องเลือกใช้อย่างเหมาะสมและตรงตามคุณสมบัติของเยื่อกรอง โดยเยื่อกรอง อัลตราฟิลเตรชัน (Ultrafiltration: UF) เป็นกระบวนการที่ใช้เยื่อกรองขนาดรูพรุน ขนาดเล็ก (Micro Porous) มีขนาดรูพรุนประมาณ 2-20 nm (20-200 ・A) แรงขับดันที่ใช้อยู่ระหว่าง 100-800 kPa หรือ 1-8 atm ใช้สำหรับแยกอนุภาคคอลลอยด์แบคทีเรีย ไวรัส ออกจากน้ำและสารประกอบอินทรีย์ที่มีโมเลกุลใหญ่ เช่น โปรตีน ชนิดของเยื่อกรองที่ใช้กันโดยทั่วไป ซึ่งการใช้งานเหมาะสำหรับการแยกหรือเพิ่ม ความเข้มข้นโปรตีน การกำจัดคอลลอยด์ การบำบัดน้ำทิ้ง ทำน้ำให้บริสุทธิ์ เป็นต้น

ระบบการกรองของเยื่อกรอง

การกรองแบบปิดตาย (Dead-end Filtration) เป็นการป้อนสารเข้าในทิศทางที่ตั้งฉากกแผ่นกรองหรือเมมเบรน ตัวถูกละลายที่ไม่ผ่านเมมเบรนจะถูกสะสมบนผิวหน้าของเมมเบรนทั้งหมดมีเพียงส่วนของเพอมิเอท (Permeate) เท่านั้นที่ไหลออกจากระบบการสะสมของตัวถูกละลาย ซึ่งจะเกิดเป็นชั้นเจล หรือเค้กที่หนาทำให้ความต้านทานการไหลของเพอมิเอทเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลให้อัตราการไหลของเพอมิเอท ลดลงอย่างรวดเร็วและอาจทำให้ความสามารถในการเก็บกักสารเปลี่ยนแปลงการกรองแบบนี้จะใช้ในระดับการทดลอง

การกรองแบบไหลขวาง (Cross Flow Filtration) การกรองแบบนี้สารป้อนจะไหลในทิศทางที่ขนานกับแผ่นกรองสารป้อนจะถูกแยกออกเป็น 2 เฟส ได้แก่ เฟสที่ผ่านเยื่อกรอง หรือ เพอมิเอท (Permeate) และ เฟสที่ไม่ผ่านเยื่อกรอง หรือที่เรียกว่า รีเทนเทท (Retentate) การกรองแบบไหลขวางจะสามารถลดการอุดตันของเยื่อกรองได้ เนื่องจากอัตราการไหลเป็นแบบไหลเฉือนผิวหน้าเยื่อกรองและทำให้อนุภาคที่เกาะอยู่บางส่วนสามารถหลุดออกไปได้ [13]

2.3 การแลกเปลี่ยนอิออน

การแลกเปลี่ยนอิออนนั้นสามารถช่วยในการกำจัดอิออนต่างๆ ที่อยู่ในน้ำ ซึ่งแตกตัวในรูปของประจุ โดยทั่วไปสารที่ช่วยในการแลกเปลี่ยนอิออนแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ สารซีโอไลต์ (Zeolite) และเรซิ่น (Resin) ซึ่งเรซิ่นนั้นปัจจุบันได้รับความนิยมเป็นอย่างมากเนื่องจากมีประสิทธิภาพในการกำจัดอิออนสูง

ในกระบวนการแลกเปลี่ยนอิออนจะมีการกำจัดอิออนในรูปต่างๆ ออกจากน้ำ เช่น Ca^{2+}, Mg^{2+}, SO_4^{2-}, Cl^- ทำให้ได้น้ำที่มีความสะอาด ในขณะเดียวกันนั้นจะได้สารละลายที่มีอิออนเข้มข้นออกมากับสารละลายรีเจนเนอแรนต์ (regenerant) เมื่อมีการรีเจนเนอเนชั่น (Regeneration) แล้วจะทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการแยกสารละลายด่างออกจากน้ำได้ โดยการแลกเปลี่ยนอิออนมักจะใช้ในการกำจัดสารละลายที่อยู่ในรูปอิออน โดยโครงสร้างของเรซิ่นจะประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน ได้แก่ โครงสร้างที่ไม่มีประจุไฟฟ้าและหมู่อิออนที่มีประจุไฟฟ้า (Functional Group) มีความคงรูป ไม่แตกหัก และไม่ละลายน้ำ [3]

2.4 เซนเซอร์

ระบบคอมพิวเตอร์ที่นำไปประยุกต์ใช้งานในต่างๆ จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ทำหน้าที่นำข้อมูลจากภายนอกเพื่อนำเข้าประมวลผลภายในระบบตามกระบวนของระบบที่ออกแบบ อุปกรณ์นำข้อมูลดังกล่าว เช่น เซนเซอร์ เป็นต้น

2.4.1 เซนเซอร์

วิศรุต ศรีรัตนะ (2554) ได้อธิบายว่า เซนเซอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการตรวจรู้ปริมาณของตัวแปรต่างๆ เพื่อป้อนให้กับระบบและกระบวนการ (วิศรุต ศรีรัตนะ เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ในงานอุตสหกรรม) [4] ตัวอย่างของเซนเซอร์ เช่น เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ เป็นต้น

เซนเซอร์วัดค่าอุณหภูมิ

DS18B20 เป็นเซนเซอร์วัดค่าอุณหภูมิแบบดิจิทัลที่ผลิตโดยบริษัท Maxim ตัวอุปกรณ์เซนเซอร์สามารถวัดช่วงค่าอุณหภูมิประมาณ -50 ถึง +150 องศาเซลซียส การเชื่อมต่ออุปกรณ์เซนเซอร์ใช้การติดต่อสื่อสารผ่านมาตรฐานการติดต่อแบบ I2C อุปกรณ์เซนเซอร์มีการประกอบตัวถังแบบ TO-92 [10]

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Arora et al., (2004) ศึกษาการนำเทคโนโลยีเยื่อกรองมาใช้ในการบำบัดน้ำบาดาลที่มีปริมาณสารฟลูออไรด์ โดยพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำบาดาล ได้แก่ พีเอชและความเข้มข้นของน้ำเข้า อัตราการไหลของน้ำเข้าสู่ระบบ และค่าแรงดันของน้ำที่เข้าสู่ระบบ โดยเทคโนโลยีเยื่อกรองบางประเภทสามารถบำบัดอิออนของสารต่างๆ ได้มากกว่า ร้อยละ 95

Bodzek et al., (2003) ได้ประยุกต์ใช้เยื่อกรองชนิดต่างๆ ในการบำบัดสารพทาเลทที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำ ได้แก่ RO, NF และ UF โดยจากการวิจัยพบว่า เยื่อกรองทั้ง 3 ชนิดนั้นมีประสิทธิภาพในการบำบัดสารพทาเลทได้มากกว่าร้อยละ 99

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การออกแบบต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาด

คณะผู้วิจัยออกแบบต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาด และกำหนดขั้นตอนในการผลิตน้ำสะอาด ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังต่อไปนี้

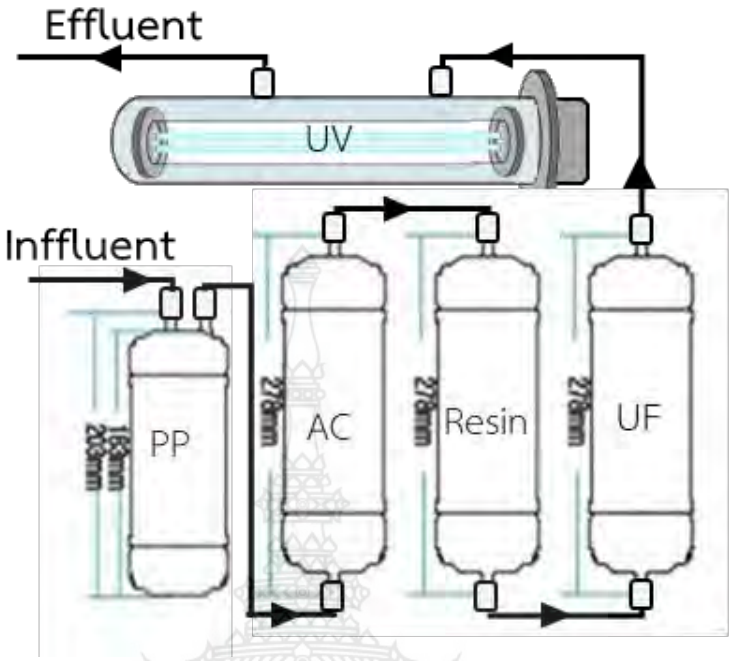
ขั้นตอนที่ 1 Polypropelene หรือ Sediment Filter สำหรับทำหน้าที่กำจัดตะกอนขนาดใหญ่ที่ปะปนมากับน้ำ

ขั้นตอนที่ 2 Activated Carbon ชนิดอัดแท่ง ความละเอียด 10 ไมครอน สำหรับกำจัด สี กลิ่น คลอรีน และสารอินทรีย์ในน้ำ

ขั้นตอนที่ 3 Ion Exchange Resin สำหรับลดการเกิดความกระด้าง คราบหินปูน ปรับปรุงคุณภาพน้ำ

ขั้นตอนที่ 4 UF Membrane Filter (Ultra filtration) ความละเอียด 0.01 ไมครอน สำหรับกรองตะกอนที่มีขนาดเล็ก คลอรีน และเชื้อโรคบางชนิด ซึ่งไม่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้า และไม่มีน้ำทิ้ง

ขั้นตอนที่ 5 หลอดไฟ UV (Ultra Violet) เพื่อช่วยในการฆ่าเชื้อโรคที่ปะปนมากับน้ำ



ภาพที่ 3.1 แบบไดอะแกรมแผนผัง (Schematic Diagram) ของต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาด

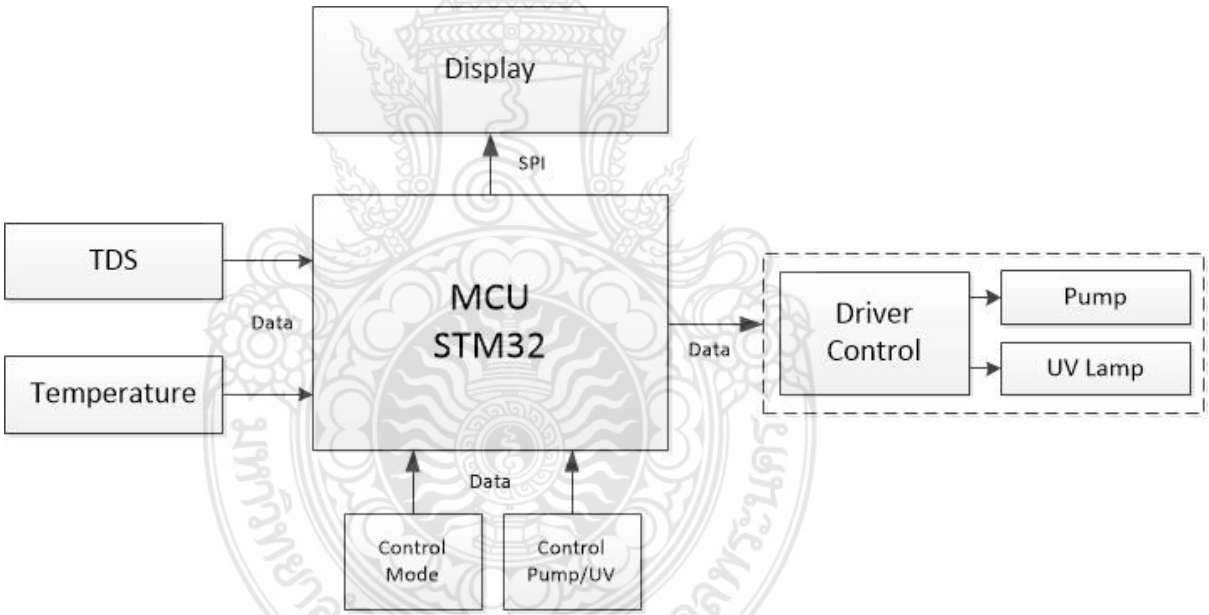
ภาพที่ 3.2 หลอดไฟ UV

โดยระบุข้อกำหนดความสามารถของต้นแบบต้นแบบการเครื่องผลิตน้ำสะอาด แสดงรายละเอียดดัง **ตารางที่ 3.1**

ตารางที่ 3.1 ข้อกำหนดการออกแบบความสามารถของต้นแบบการเครื่องผลิตน้ำสะอาด

ลำดับ	รายละเอียด
1	สามารถแสดงค่า EC และ TDS ได้
2	สามารถแสดงค่า Temperature หน่วย °C
3	สามารถควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำ และหลอดไฟ UV ได้
4	สามารถเตือนคุณภาพน้ำได้
5	สามารถทำงานแบบ Manual และแบบ Automatical ได้

สำหรับการศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาด กำหนดการทดสอบการทำงานและศึกษาประสิทธิภาพของต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาดตามรายละเอียดข้อกำหนดของการออกแบบที่ได้กำหนดไว้ รวบรวมข้อมูล และจดบันทึกข้อมูล



ภาพที่ 3.3 แบบไดอะแกรมแผนผัง (Schematic Diagram) ชุดควบคุมการทำงานของต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาด

3.2 การทำงานต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาด

ภาพรวมการทำงานของระบบ สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วน ดังต่อไปนี้

ส่วนการทำงานที่ 1 ส่วนการนำเข้าข้อมูล (Input) ได้แก่ เซนเซอร์วัดค่าของแข็งละลายน้ำ เซนเซอร์วัดค่าอุณหภูมิ ส่วนนำเข้าการควบคุม (Input Control)

ส่วนการทำงานที่ 2 ส่วนประมวลผลการทำงาน (Processing) ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล STM32 ในการประมวลผลการทำงานของระบบต้นแบบการเครื่องผลิตน้ำสะอาด โดยการนำ Input sensor เข้ามาใช้ในการประมวลผลด้วยสัญญาณแบบแอนะล็อก (Analog) และแบบดิจิทัล (Digital) โดยใช้โปรแกรมควบคุมตามหลักการทำงานของซอฟต์แวร์ที่ทำงานตามผังการทำงาน

ส่วนการทำงานที่ 3 ส่วนการแสดงผลข้อมูล ใช้ในการแสดงผลการทำงานของระบบ และการแสดงค่าของเซนเซอร์วัดค่าของแข็งละลายน้ำ เซนเซอร์วัดค่าอุณหภูมิ รวมถึงการแสดงผลค่าการนำไฟฟ้า และสถานะการทำงานของปั๊มน้ำและหลอดไฟ UV

ส่วนการทำงานที่ 4 ส่วนการควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำและหลอดไฟ UV (Output) ทำหน้าที่รับการสั่งการการควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำและหลอดไฟ จากไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะสั่งการควบคุมการทำงานให้ปั๊มน้ำสมารถทำงานได้ตามที่กำหนด รวมถึงการควบคุมการทำงานของหลอดไฟ UV ตามที่ได้กำหนดไว้ในโปรแกรมการทำงาน

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำและหลอดไฟ UV

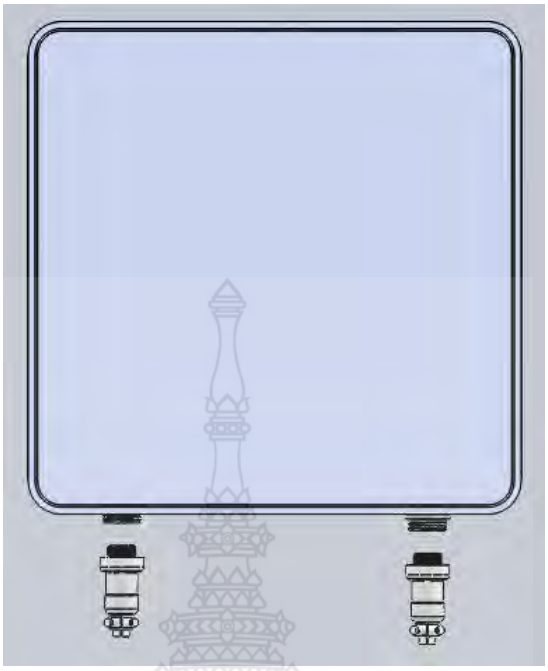
การควบคุมการทำงาน	**รายละเอียดการควบคุม**
ปั๊มน้ำ (1,200 ml/min)	ควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำให้มีอัตราการไหล 1,000 มิลลิลิตร 3,000 มิลลิลิตร 5,000 มิลลิลิตร
หลอดไฟ UV	ควบคุมการเปิดปิดการทำงานของหลอดไฟ ตามระยะเวลาการทำงานของปั๊มน้ำ

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ผลของการออกแบบต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาด

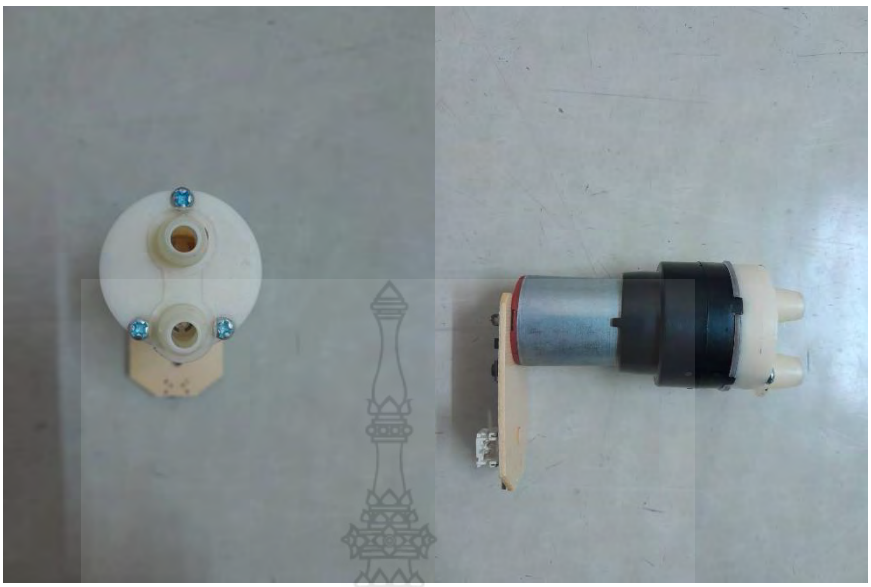
จากสถานการณ์ COVID-19 และสถานการณ์น้ำท่วม จึงทำให้คณะผู้วิจัยเล็งเห็นความสำคัญของการผลิตน้ำสะอาด เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งาน ณ สถานที่จริง โดยการใช้งานจะต้องไม่มีความซับซ้อน ไม่มีความยุ่งยาก และไม่ใช้พลังงาน โดยคณะผู้วิจัยสร้างและประกอบต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาดตามแบบร่างที่ได้ออกแบบไว้ โดย ภาพที่ 4.1 ถึง ภาพที่ 4.9 แสดงลักษณะของต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาดที่ควบคุมการทำงานด้วยเซนเซอร์ ทั้งนี้ ได้ทดสอบโดยพิจารณาจากข้อกำหนด ดังแสดงข้อมูลใน โดยการใช้ปั๊มน้ำส่งผลให้อัตราการไหลของน้ำเฉลี่ย 1,215.91 มิลลิลิตรต่อนาที (n=12)

ภาพที่ 4.1 แบบร่างส่วนควบคุมการทำงานของต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาด (ด้านหน้าและด้านข้าง)

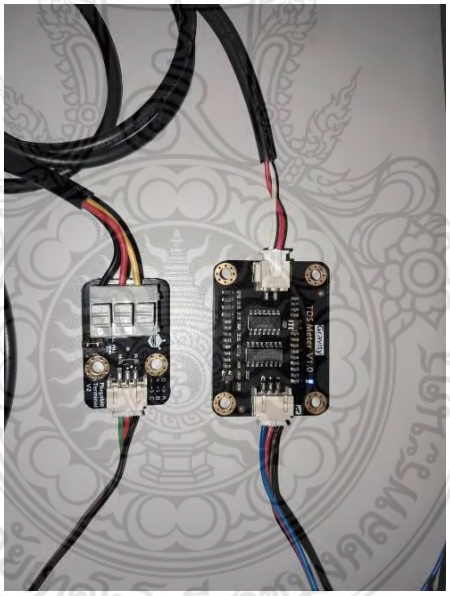


ภาพที่ 4.2 แบบร่างส่วนควบคุมการทำงานของต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาด (ด้านหลัง)

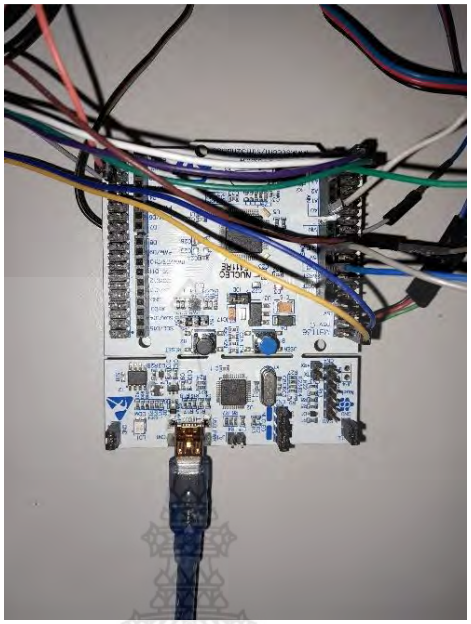
ภาพที่ 4.3 ส่วนการติดตั้งเซนเซอร์วัดค่าของแข็งละลายน้ำและอุณหภูมิ



ภาพที่ 4.4 Peristatic pump สำหรับน้ำเข้า

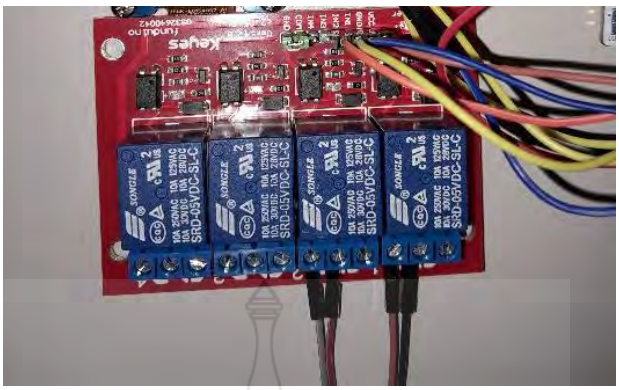


ภาพที่ 4.5 ส่วนการนำเข้าข้อมูล (Input)

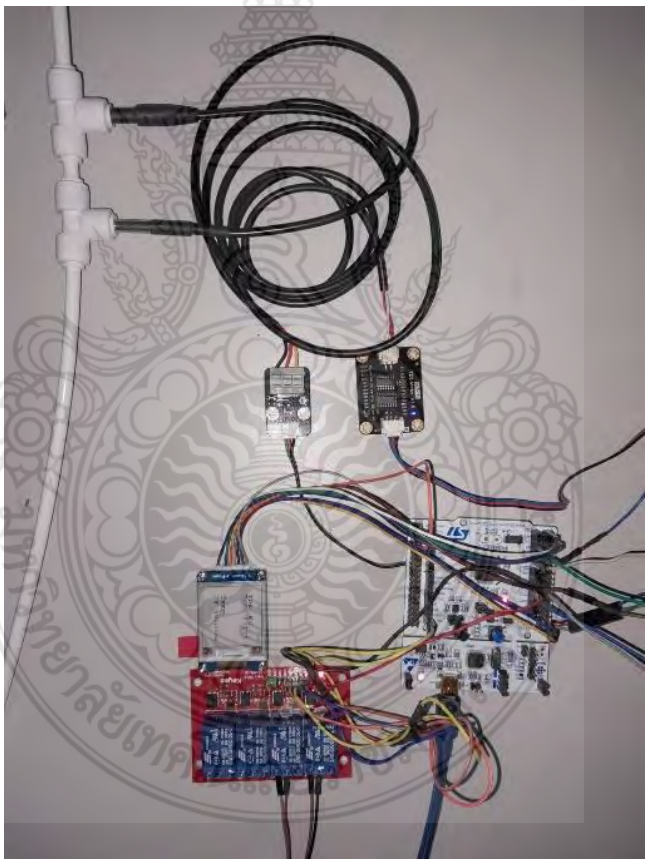


ภาพที่ 4.6 ส่วนการประมวลผล (Processing)

ภาพที่ 4.7 ส่วนการแสดงผล (Display)



ภาพที่ 4.8 ส่วนคุมการทำงานของปั๊มน้ำและหลอดไฟ UV



ภาพที่ 4.9 ภาพรวมของระบบการควบคุมต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาด

4.2 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาด

การนำระบบไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้ต่อยอดในการพัฒนาเครื่องผลิตน้ำสะอาด จะช่วยให้ต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาดสามารถรับรู้การตอบสนองการใช้งาน โดยสามารถแสดงข้อมูลต่างๆ ได้แก่ สามารถแสดงค่าตรวจวัดได้ สามารถควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำได้ สามารถทำงานได้ทั้งแบบ Manual และ Automatic ได้ และสามารถเตือนคุณภาพน้ำเข้าและออกจากระบบได้ สามารถแสดงข้อมูลได้ดัง **ตารางที่ 4.1** ความสามารถตามข้อกำหนดสำหรับการออกแบบของต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาด

ตารางที่ 4.1 ความสามารถของต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาด ตามข้อกำหนดสำหรับการออกแบบ

ลำดับ	รายละเอียด	ความสามารถของต้นแบบเครื่องกรองน้ำฯ
1	สามารถแสดงค่า EC และ TDS ได้	✓
2	สามารถแสดงค่า Temperature หน่วย ^{o}C	✓
3	สามารถควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำ และหลอดไฟฟ้า UV ได้	✓
4	สามารถเตือนคุณภาพน้ำได้	✓
5	สามารถทำงานแบบ Manual และแบบ Automatical ได้	✓

ภาพรวมของต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาด จะประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 Polypropelene หรือ Sediment Filter สำหรับทำหน้าที่กำจัดตะกอนขนาดใหญ่ที่ปะปนมากับน้ำ

ขั้นตอนที่ 2 Activated Carbon ชนิดอัดแท่ง ความละเอียด 10 ไมครอน สำหรับกำจัด สี กลิ่น คลอรีน และสารอินทรีย์ในน้ำ

ขั้นตอนที่ 3 Ion Exchange Resin สำหรับลดการเกิดความกระด้าง คราบหินปูน ปรับปรุงคุณภาพน้ำ

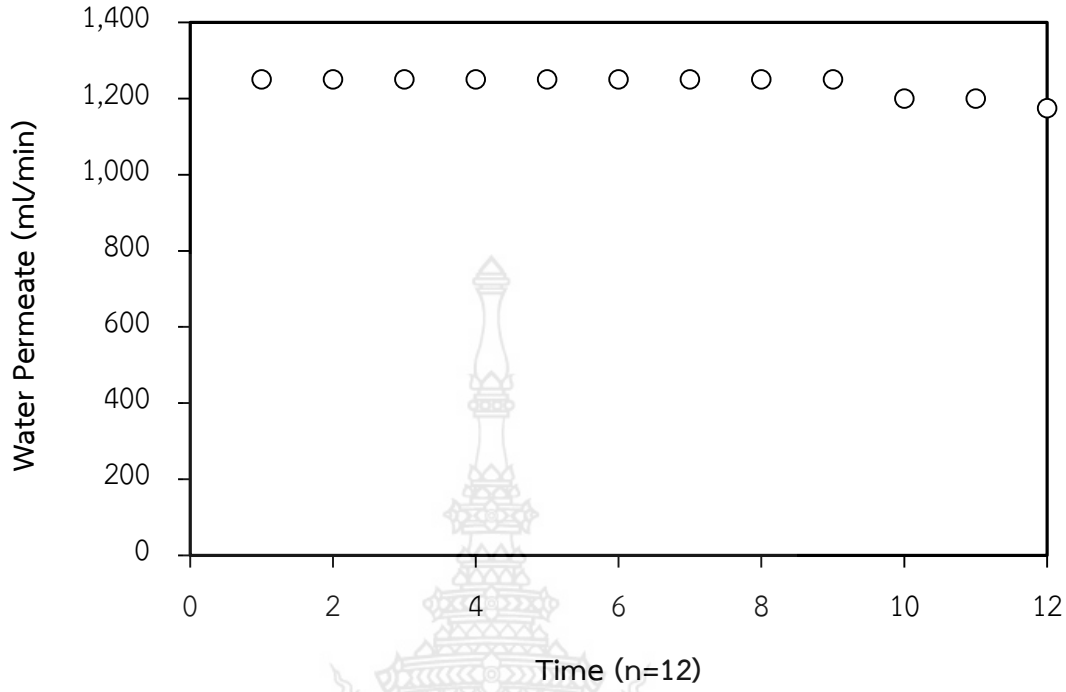
ขั้นตอนที่ 4 UF Membrane Filter (Ultra filtration) ความละเอียด 0.01 ไมครอน สำหรับกรองตะกอนที่มีขนาดเล็ก คลอรีน และเชื้อโรคบางชนิด ซึ่งไม่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้า และไม่มีน้ำทิ้ง

ขั้นตอนที่ 5 หลอดไฟ UV (Ultra Violet) เพื่อช่วยในการฆ่าเชื้อโรคที่ปะปนมากับน้ำ

โดยการทำงานระบบควบคุมจะสั่งการทำงานแบบอัตโนมัติเพื่อให้น้ำเข้าสู่ระบบ และก่อนที่น้ำจะผ่านการบำบัดขั้นสุดท้าย ระบบจะหน่วงเวลาเพื่อให้น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วผ่านหลอดไฟ UV เพื่อฆ่าเชื้อโรคก่อนผ่านการบำบัดขั้นสุดท้าย ดังแสดงใน **ภาพที่ 4.10**

ภาพที่ 4.10 ภาพรวมของต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาด

สำหรับอัตราการไหลของน้ำที่เข้าสู่ระบบ สามารถแสดงได้ดัง **ภาพที่ 4.11** อัตราการไหลของน้ำที่ผ่านปั๊ม โดยการทดสอบการไหลของน้ำที่ผ่านปั๊ม จำนวน 12 ครั้ง มีค่าอัตราการไหลของน้ำที่ผ่านปั๊มน้ำเข้าเฉลี่ย 1,215 มิลลิลิตรต่อนาที



ภาพที่ 4.11 อัตราการไหลของน้ำที่ผ่านปั๊ม

4.3 ผลการทำงานของระบบควมคุมการทำงานของต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาด

การทำงานของระบบควบคุมใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM STM32 F4 Series ควบคุมระบบการทำงานทั้งหมดของระบบ ประกอบด้วยส่วนการทำงาน 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ส่วนการนำเข้าข้อมูล

เป็นการนำเข้าข้อมูลจากเซนเซอร์อ่านค่าของแข็งละลายน้ำ และเซนเซอร์อ่านค่าอุณหภูมิ (TDS, Temperature Sensor) ผ่านทางพอร์ตแอนะล็อก (Analog) และดิจิทัล (Digital)

ส่วนที่ 2 ส่วนการประมวลผล

การประมวลผลของระบบใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการทำงาน ทำการอ่านค่าข้อมูลจากเซนเซอร์และส่วนรับข้อมูลที่เกี่ยวข้องนำมาประมวลผลภายในระบบโดยหลักการทำงาน

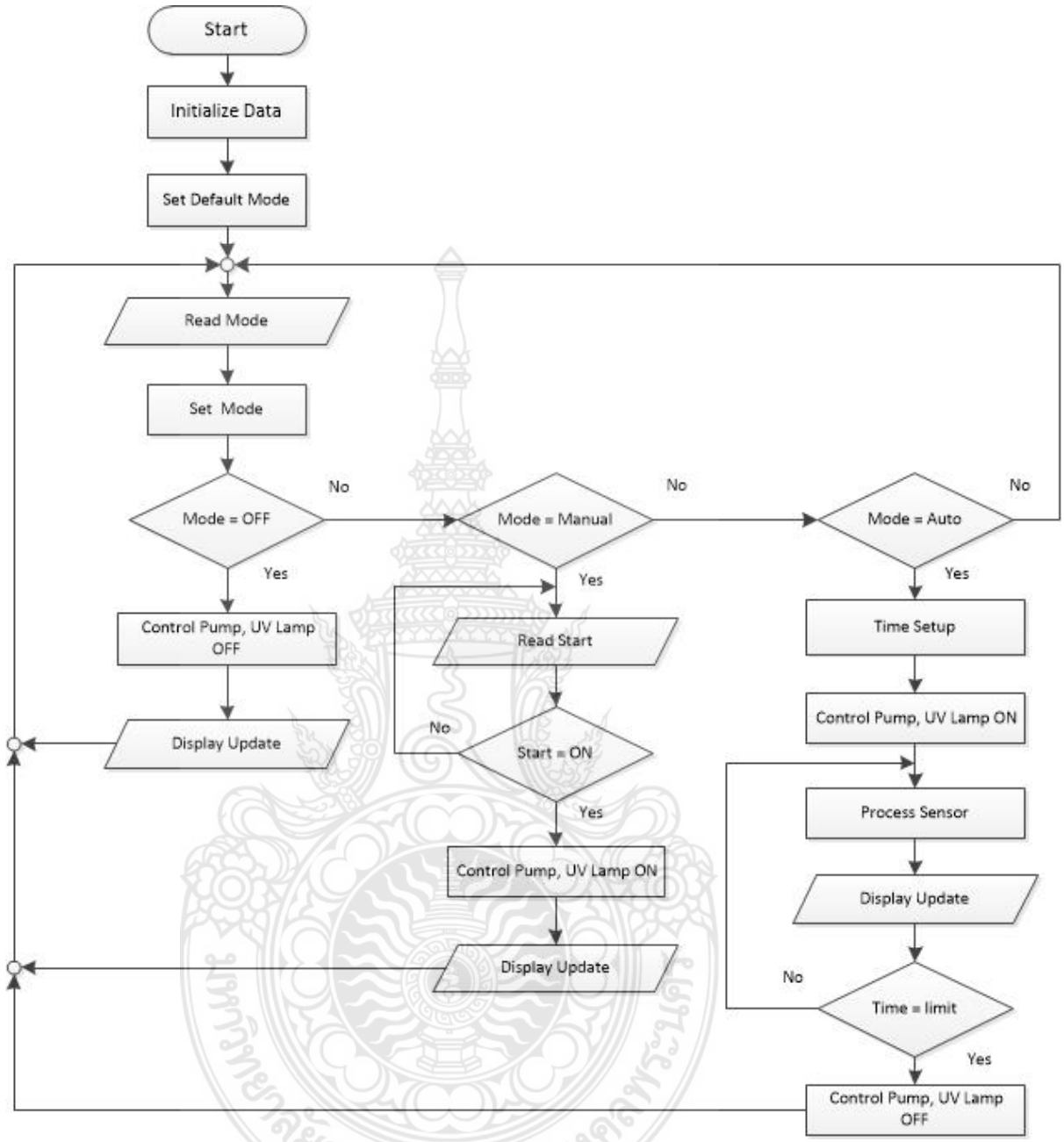
ส่วนที่ 3 ส่วนการแสดงผล

การแสดงผลการทำงานของระบบเป็นการแสดงค่าที่ได้จากเซนเซอร์อ่านค่าของแข็งละลายน้ำ และเซนเซอร์อ่านค่าอุณหภูมิ รวมถึงการแสดงค่าการนำไฟฟ้า

ส่วนที่ 4 ส่วนควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำและหลอดไฟ UV

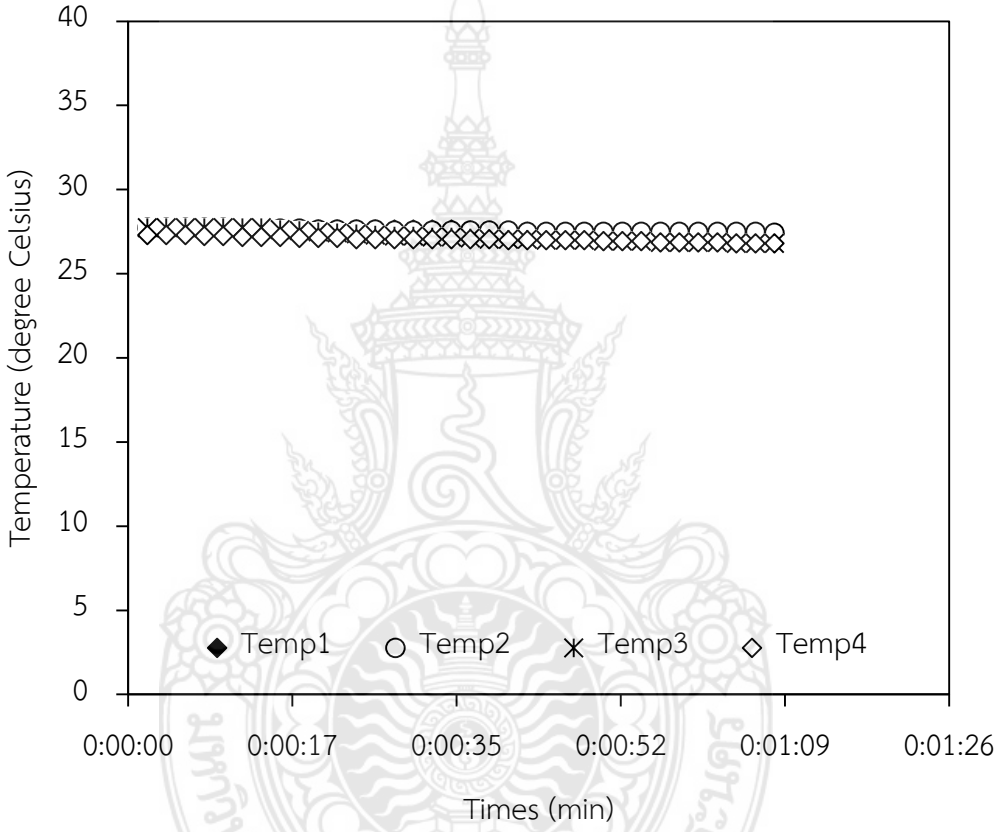
การควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำและหลอดไฟ UV เป็นส่วนรับคำสั่งการทำงานมาจาก ส่วนการประมวลผลเพื่อให้การควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำและหลอดไฟ UV เป็นไปตามที่กำหนด

หลักการทำงานของของระบบแสดงได้ดัง **ภาพที่ 4.12** เริ่มต้นระบบจาก การกำหนดค่าเริ่มต้นของข้อมูลระบบ ส่วนการเชื่อมต่อเซนเซอร์ต่างๆ ส่วนการแสดงผล รวมทั้งฐานเวลาในระบบ จากนั้นระบบเริ่มต้นกำหนดค่าโหมดการทำงานแบบปกติ และทำงานอ่านค่าโหมดจากส่วนนำเข้าข้อมูล จากนั้นทำการกำหนดโหมดตามการนำเข้าของข้อมูล หากโหมดที่นำเข้ามีสถานะเป็น OFF ส่วนประมวลผลจะส่งคำสั่งควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำและหลอดไฟ UV ให้หยุดการทำงาน และปรับปรุงข้อมูลการแสดงผลของส่วนแสดงผล จากนั้นระบบจะย้อนกลับไปทำการอ่านสถานะโหมดใหม่ หากโหมดที่นำเข้ามีสถานะเป็น Manual ระบบจะรอผู้ใช้งานสั่งการให้เริ่มต้นทำงาน จากนั้นส่วนประมวลผลจะส่งคำสั่งควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำและหลอดไฟ UV ให้เริ่มการทำงาน และปรับปรุงข้อมูลการแสดงผลของส่วนแสดงผล จากนั้นระบบจะย้อนกลับไปทำการอ่านสถานะโหมดใหม่ หากโหมดที่นำเข้ามีสถานะเป็น Auto ระบบจะกำหนดค่าช่วงเวลาการทำงาน จากนั้นส่วนประมวลผลจะส่งคำสั่งควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำและหลอดไฟ UV ให้เริ่มการทำงาน ส่วนการทำงานของเซนเซอร์จะทำการประมวลผล และส่วนการแสดงผลข้อมูลจะถูกปรับปรุง จากนั้นระบบทำการตรวจสอบระยะเวลาตรงกับช่วงระยะเวลาที่กำหนดหรือไม่หากยังจะประมวลผลส่วนการทำงานของเซนเซอร์ซ้ำ หากครบกำหนด ส่วนประมวลผลจะส่งคำสั่งควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำและหลอดไฟ UV ให้หยุดการทำงาน จากนั้นระบบจะย้อนกลับไปทำการอ่านสถานะโหมดใหม่อีกครั้ง



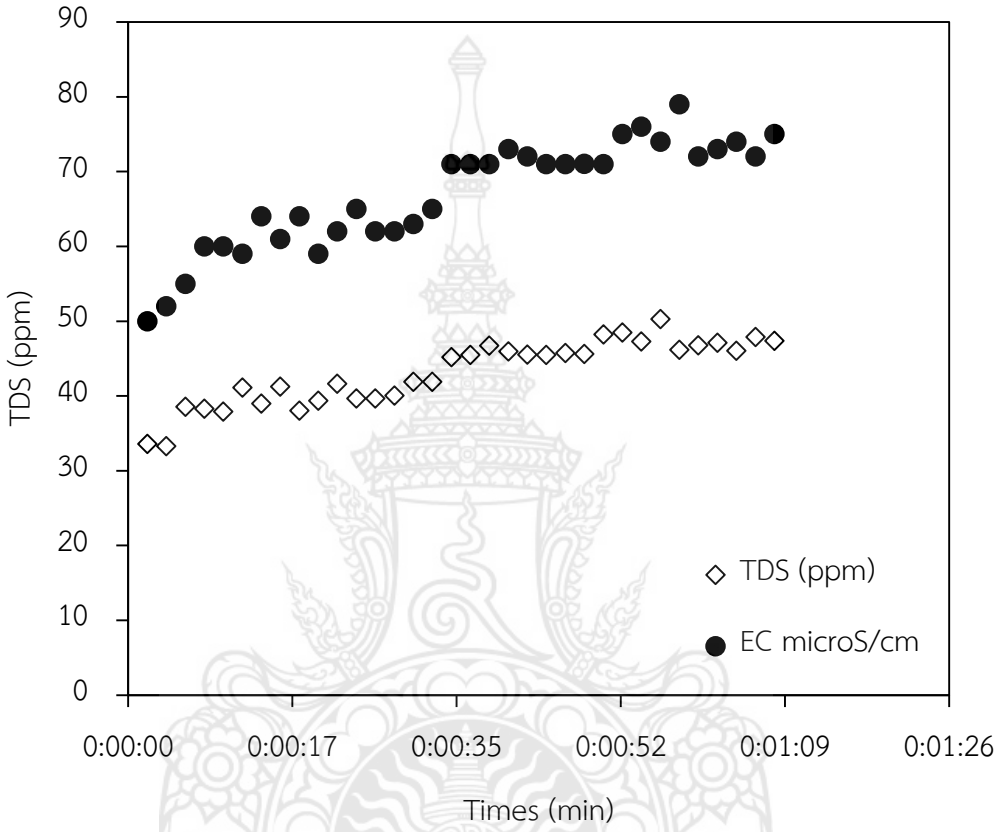
ภาพที่ 4.12 แผนผังการทำงานของต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาด

จากการทดสอบน้ำจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติจากแหล่งที่มาแตกต่างกัน ด้วยต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาด เพื่อตรวจวัดค่า อุณหภูมิที่อ่านได้จากเซนเซอร์ โดยใช้ปริมาตรน้ำที่ทำการทดสอบ 1,150 มิลลิลิตร พบว่า อุณหภูมิของน้ำมีค่าเฉลี่ย อยู่ในช่วง 25 – 30 องศาเซลเซียส แสดงข้อมูลได้ดัง **ภาพที่ 4.13**



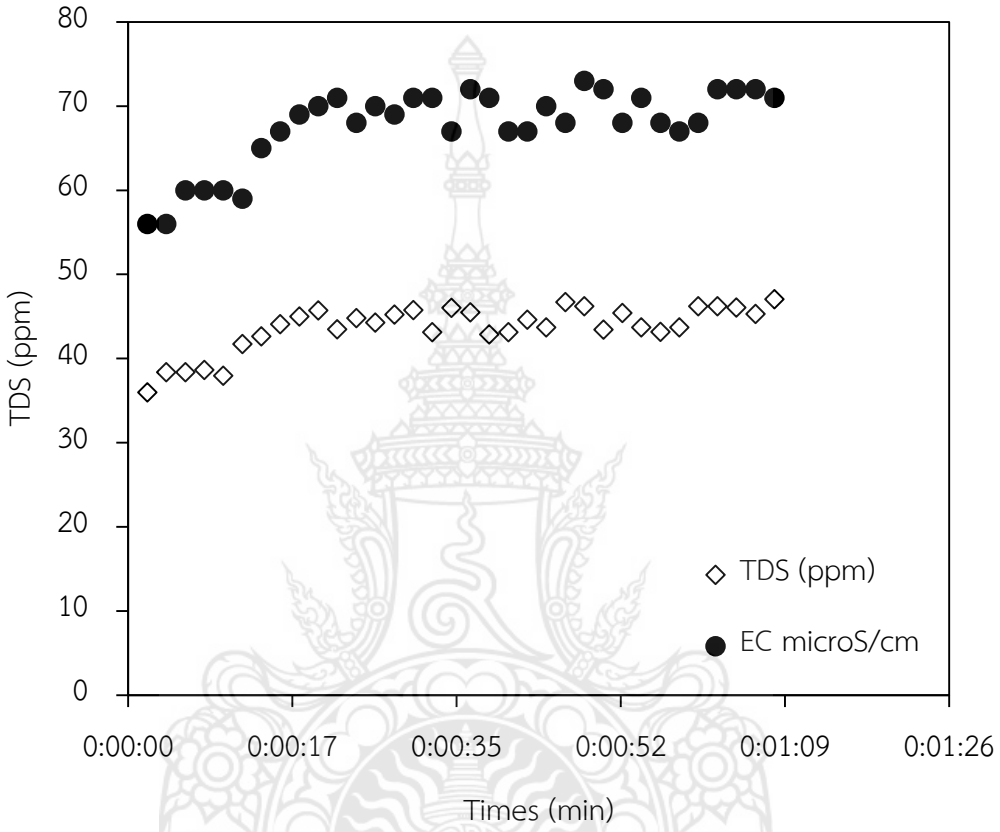
ภาพที่ 4.13 อุณหภูมิของชุดการทดสอบ (ชุดการทดสอบที่ 1)

จากการทดสอบน้ำประปาด้วยต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาด เพื่อตรวจวัดค่า TDS ค่า EC และอุณหภูมิที่อ่านได้จากเซนเซอร์ โดยใช้ปริมาตรน้ำที่ทำการทดสอบ 1,150 มิลลิลิตร และใช้เวลาในการทดสอบจากปั๊ม 1:00:30 นาที แสดงข้อมูลได้ดัง **ภาพที่ 4.14**



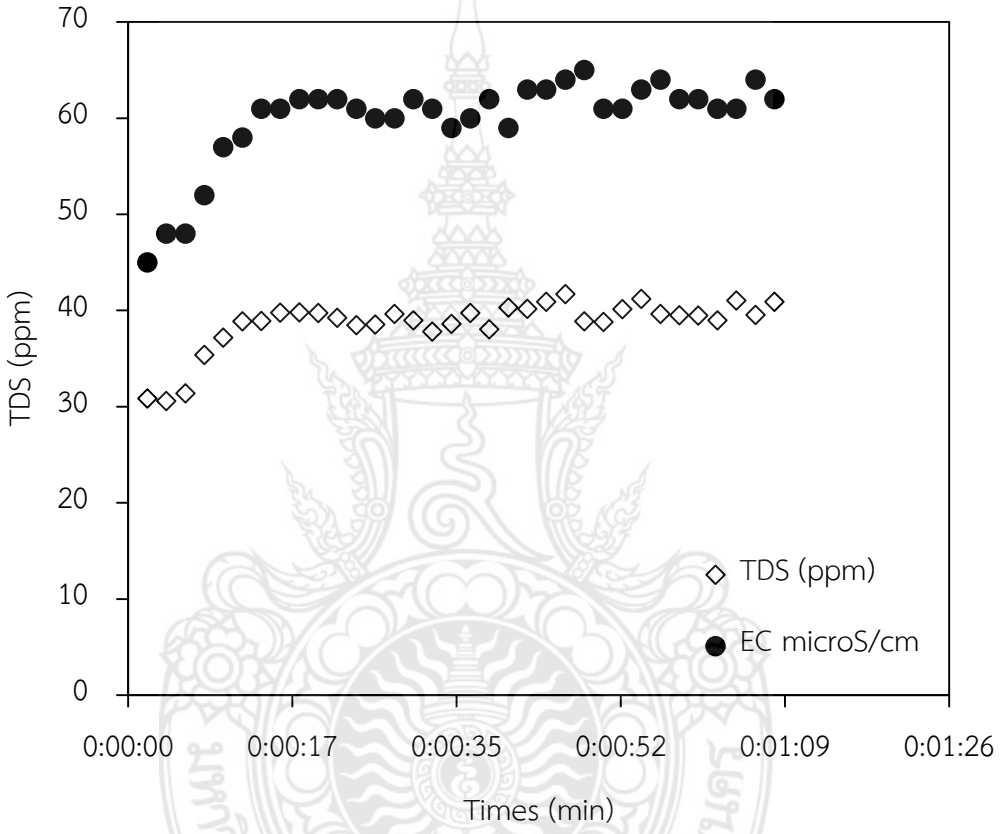
ภาพที่ 4.14 ค่า TDS และ EC ของน้ำประปา (ชุดการทดสอบที่ 1)

จากการทดสอบน้ำประปาด้วยต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาด เพื่อตรวจวัดค่า TDS ค่า EC และอุณหภูมิที่อ่านได้จากเซนเซอร์ โดยใช้ปริมาตรน้ำที่ทำการทดสอบ 1,150 มิลลิลิตร และใช้เวลาในการทดสอบจากปั๊ม 1:00:15 นาที แสดงข้อมูลได้ดัง **ภาพที่ 4.15**



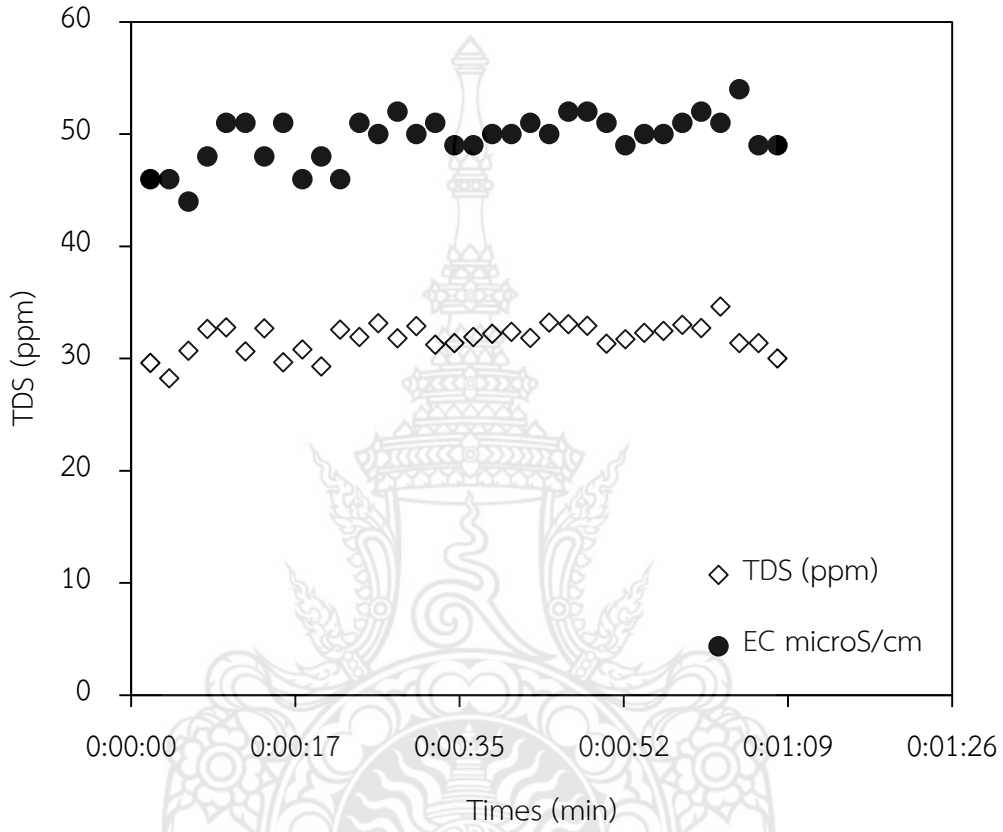
ภาพที่ 4.15 ค่า TDS และ EC ของน้ำประปา (ชุดการทดสอบที่ 2)

จากการทดสอบน้ำฝนด้วยต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาด เพื่อตรวจวัดค่า TDS ค่า EC และอุณหภูมิที่อ่านได้จากเซนเซอร์ โดยใช้ปริมาตรน้ำที่ทำการทดสอบ 1,150 มิลลิลิตร และใช้เวลาในการทดสอบจากปั๊ม 1:00:25 นาที แสดงข้อมูลได้ดัง **ภาพที่ 4.16**

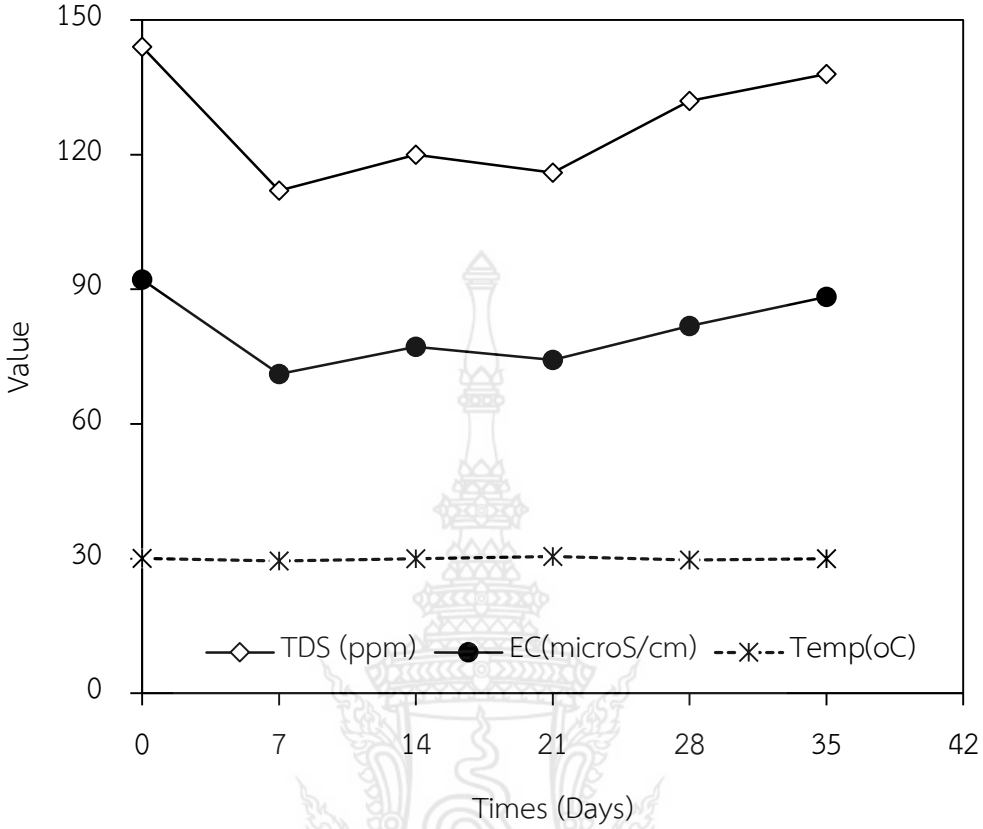


ภาพที่ 4.16 ค่า TDS และ EC ของน้ำฝน (ชุดการทดสอบที่ 1)

จากการทดสอบน้ำฝนด้วยต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาด เพื่อตรวจวัดค่า TDS ค่า EC และอุณหภูมิที่อ่านได้จากเซนเซอร์ โดยใช้ปริมาตรน้ำที่ทำการทดสอบ 1,150 มิลลิลิตร และใช้เวลาในการทดสอบจากปั๊ม 1:00:35 นาที แสดงข้อมูลได้ดัง **ภาพที่ 4.17**



ภาพที่ 4.17 ค่า TDS และ EC ของน้ำฝน (ชุดการทดสอบที่ 2)



ภาพที่ 4.18 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในระดับภาคสนาม

ภาพที่ 4.19 สีของน้ำก่อน (ซ้าย) และหลังการบำบัด (ขวา)

การวิจัยนี้ได้ทดสอบการปรับปรุงคุณภาพน้ำ ณ คลองรังสิต จังหวัดปทุมธานี ซึ่งน้ำเข้าสู่ระบบได้ผ่านการกรองด้วยต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาดและควบคุมการทำงานของปั๊มและเซนเซอร์แบบอัตโนมัติ ซึ่งน้ำที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพนั้นมีลักษณะใส ไม่มีสี และมีประสิทธิภาพในการบำบัดสารปนเปื้อนในน้ำได้ร้อยละ 99 ซึ่งการนำเซนเซอร์ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด และอุณหภูมิมาใช้เพื่อเป็นส่วนหนึ่งในการพิจารณาการแบ่งเกณฑ์คุณภาพน้ำใช้ ตามเกณฑ์คุณภาพน้ำของกรมควบคุมมลพิษ ที่ได้กำหนดไว้ โดยข้อมูลที่ได้สามารถนำมาใช้เพื่อเป็นส่วนหนึ่งในการพิจารณาการแบ่งเกณฑ์คุณภาพน้ำใช้ ตามเกณฑ์คุณภาพน้ำของกรมควบคุมมลพิษ ที่แบ่งออกเป็น 4 เกณฑ์ ได้แก่ คุณภาพน้ำดีมาก คุณภาพน้ำดี คุณภาพน้ำเสื่อมโทรม และคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมมาก ซึ่งจะใช้คะแนนดัชนีคุณภาพน้ำ จำนวน 9 ดัชนี ได้แก่ pH, ออกซิเจนละลายน้ำ (DO), ของแข็งทั้งหมด (TDS), แบคทีเรียกลุ่มฟีคัล (Fecal Coliform), ไนเตรท (NO_3), ฟอสเฟต (PO_4), ความขุ่น (Turbidity), อุณหภูมิและ BOD (กรมควบคุมมลพิษ, 2563)

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยสามารถสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะได้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

การพัฒนานวัตกรรมต้นแบบการพัฒนานวัตกรรมต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาดเพื่อส่งเสริมสุขาภิบาลน้ำในช่วงสถานการณ์ COVID-19 และสถานการณ์น้ำท่วมที่อาจเกิดขึ้นทั่วภูมิภาคของประเทศ ซึ่งสามารถใช้งานได้ง่าย ไม่มีความซับซ้อน และสามารถผลิตน้ำสะอาดเพื่อใช้งานได้ และสามารถพกพาได้ เนื่องจากต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาดที่ผลิตขึ้นนั้นมีแบตเตอรี่เพื่อสำรองไฟสำหรับส่วนควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำและหลอดไฟ UV โดยการกรองน้ำผ่านขั้นตอนต่างๆ ของต้นแบบเครื่องผลิตน้ำสะอาด ไม่มีการใช้พลังงานและไม่มีน้ำทิ้งคงเหลือจากการกรอง ซึ่งน้ำที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพนั้นมีลักษณะใส ไม่มีสี และมีประสิทธิภาพในการบำบัดสารปนเปื้อนในน้ำได้ร้อยละ 99 และนำเซนเซอร์มาใช้ในการวิเคราะห์ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ค่าการนำไฟฟ้า และอุณหภูมิ ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบ โดยข้อมูลที่ได้สามารถนำมาใช้เพื่อเป็นส่วนหนึ่งในการพิจารณาการแบ่งเกณฑ์คุณภาพน้ำใช้ ตามเกณฑ์คุณภาพน้ำของกรมควบคุมมลพิษ ที่แบ่งออกเป็น 4 เกณฑ์ ได้แก่ คุณภาพน้ำดีมาก คุณภาพน้ำดี คุณภาพน้ำเสื่อมโทรม และคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมมาก

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรพิจารณาถึงปจจัยที่มีผลตอการอุดตันของเยื่อกรองเมมเบรน

5.2.2 ควรพัฒนา IOT เพื่อช่วยในการวิเคราะห์น้ำที่ปนเปื้อน

บรรณานุกรม

[1] กรมควบคุมมลพิษ, กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. 2562. รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2563.

[2] เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, วิศวกรรมการกำจัดน้ำเสีย เล่มที่ 5, นนทบุรี: เอส.อาร์.พรินติ้ง แมสโปรดักส์, 2547.

[3] เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, วิศวกรรมประปา, นนทบุรี, 2557.

[4] วิศรุต ศรีรัตนะ. (2554). เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ในงานอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2554.

[5] พิสุทธิ์ เพียรมนกุล, หน่วยกระบวนการสำหรับวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2557.

[6] Kriengsak U, Wastewater Engineering Design Calculations, Siam Stationery Supplies, Nonthaburi

[7] บุญชัย วิจิตรเสถียร. (2555). การประยุกต์ใช้กระบวนการกรองผ่านเยื่อกรองสำหรับการนำน้ำทิ้งชุมชนกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่. [ออนไลน์]. เข้าถึงข้อมูลได้จาก : http://sutir.sut.ac.th:8080/sutir/bitstream/123456789/3911/1/fulltextSUT7-715-52-12-73.pdf. (วันที่สืบค้นข้อมูล 17 กันยายน 2565).

[8] รัตนา จิระรัตนานนท์. (2543). กระบวนการแยกด้วยเยื่อแผ่นสังเคราะห์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพ : ห้างหุ้นส่วนจำกัดโรงพิมพ์ไทยเส็ง

[9] Amy, G., and Cho, J. (1999). Interactions between Natural Organic Matter (NOM) and Membrane : Rejection and Fouling. Water Science and Technology.40(9) : 131-139.

[10] Charles Platt. (2016). *Encyclopedia of Electronic Components Volume 3.* Maker Media.

[10] Metcalf and Eddy. (1991). Wastewater Engineering Treatment: Treatment, Disposal and Reuse. 3rd Edition, ISBN 0-07-041690-7, McGraw-Hill, Singapore.

[11] Scott, K. (1990). "Membrane Separation Technology: industrial Applications and Markets"

[12] Schafer, A.I. (2001). Natural Organics Removal Using Membranes : Principles, Performance and Cost. ISBN No. 1-58716-093-5. Technomic Publishing Company, Inc.

[13] Smith, P.J., Shon, H.K., and Vigneswaran S. (2006). "Productivity enhancement in a cross-flow ultrafiltration membrane system through automated de-clogging operations". Journal of membrane.

[14] Wiesner, M.R., Clark, M.M., Jacangelo, J.G., Lykins, B.W., Marinas, B.J., O'Melia, C.R., Rittmann, B.E., and Semmens, M.J. (1992). Committee report : Membrane processes in potable water treatment. Journal AWWA. Jan 92 : 59-67.

ไม่มีเนื้อหาจากต้นฉบับ

ประวัติผู้ทำวิจัย

หัวหน้าโครงการ

1. ชื่อ-นามสกุล

(ภาษาไทย) นาย ศิริชัย สาระมนัส

(ภาษาอังกฤษ) Mr. Sirichai Saramanus

2. ตำแหน่งปัจจุบัน

อาจารย์สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

3. หน่วยงานและที่อยู่

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

โทรศัพท์ 0 2836 3000

E-mail : sirichai.s@rmutp.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

คอ.บ.(วิศวกรรมคอมพิวเตอร์)	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล พ.ศ. 2540
วท.ม.(เทคโนโลยีสารสนเทศ)	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พ.ศ. 2549

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

- Cluster Analysis
- Computer System
- Computer Network
- Data Communication
- Computer Organization and Architecture
- Microcomputer System and Interfacing
- Internet and Intranet System

ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ-นามสกุล

(ภาษาไทย) ผศ.ดร. วรินธร บุญยะโรจน์

(ภาษาอังกฤษ) Asst.Prof.Dr. VARINTHORN BOONYAROJ

2. ตำแหน่งปัจจุบัน

อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

3. หน่วยงานและที่อยู่

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

โทรศัพท์ 0 2836 3000 ต่อ 4189

E-mail : varinthorn.b@rmutp.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

วท.บ.(อนามัยสิ่งแวดล้อม)	มหาวิทยาลัยบูรพา	พ.ศ. 2546
วศ.ม.(วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม)	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	พ.ศ. 2549
วท.ด.(สหสาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม)	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	พ.ศ. 2555

5. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ

Waste Utilization

Land application of solid waste landfill leachate

Landfill leachate treatment

Membrane bioreactor

Wastewater treatment system

Micro-pollutants removal

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ
งานวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่/ตีพิมพ์

<u>โครงการวิจัย</u>

1) โครงการ การประเมินปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

แหล่งทุน: งบประมาณรายได้คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

2) โครงการ การผลิตน้ำมันหอมระเหยไล่แมลงจากใบยาสูบ

แหล่งทุน: งบประมาณกลางมหาวิทยาลัยฯ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

3) โครงการ การผลิตกระดาษทำมือจากหญ้าชันกาด

แหล่งทุน: งบประมาณรายได้คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559

4) โครงการ การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เศษใบยางพาราเพื่อผลิตต้นแบบแผ่นมวลเบา

แหล่งทุน: งบประมาณรายจ่าย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559

ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่

1. **Boonyaroj V.**, Chiemchaisri, C., Chiemchaisri, W., Theepharaksapan S., and Yamamoto, K. (2012) "Toxic organic micro-pollutants removal mechanisms in long-term operated membrane bioreactor treating municipal solid waste leachate", Bioresource technology 113, 174-180.
2. **Boonyaroj, V.**, Chiemchaisri, C., Chiemchaisri, W., and Yamamoto, K. (2012) "Removal of organic micro-pollutants from solid waste landfill leachate in membrane bioreactor operated without excess sludge discharge", Water science and technology 66(8), 1774-80.
3. **Varinthorn Boonyaroj**, Pattanasorn Peansawang, Nonthavorn Sonchan, Atcharaporn Sukrasorn (2015) "Environmental survey on physicochemical parameters in surface water: a case of Klong Prem Prachakorn, Thailand", Applied Mechanics and Materials 804, 231-234.
4. **Varinthorn Boonyaroj**, Jiraporn Jinasam, Warangkana Nachailan (2015) "The removal mechanisms of organic compounds in household wastewater by soil sediment", Applied Mechanics and Materials 804, 263-266.

5. **Varinthorn Boonyaroj, Chart Chiemchaisri, Wilai Chiemchaisri, Kazuo Yamamoto** (2018) "Enhanced biodegradation of phenolic compounds in landfill leachate by enriched nitrifying membrane bioreactor sludge", Journal of Hazardous Material. (http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.06.064)

<u>การนำเสนอผลงานวิชาการ</u>

1. **Boonyaroj, V.,** Chiemchaisri, C., Chiemchaisri, W., Theepharaksapan S., and Yamamoto, K. (2011) Removal of organic micro-pollutants and bio-toxicity from municipal solid waste landfill leachate in two-stage membrane bioreactor. Proceedings of the 9th International Symposium on Southeast Asian Water Environment, 1-3 December, 2011, Bangkok, Thailand. **(Received Asian Young Professional on Water Research Award).**

2. **Boonyaroj, V.,** Chiemchaisri, C., Chiemchaisri, W., Theepharaksapan and Yamamoto, K. (2012) Removal of organic micro-pollutants and bio-toxicity from municipal solid waste landfill leachate in two-stage membrane bioreactor. Proceedings of the 10th International Symposium on Southeast Asian Water Environment, 8-10 November, 2012, Hanoi, Vietnam. **(Received Best Poster Award)**

3. **Boonyaroj, V.,** Chiemchaisri, C., Chiemchaisri, W. and Yamamoto, K. (2012) Evaluation of bio-toxicity removal in two-stage membrane bioreactor for landfill leachate treatment. Proceedings of the 10th International Conference on Membrane Science and Technology 2012: Membrane for Sustainable Energy, August 22-24, 2012, Bangkok, Thailand.

4. **Boonyaroj, V.,** Chiemchaisri, C., Chiemchaisri, W. and Yamamoto, K. (2011) Removal of phenolic and phthalic acid esters in two-stage membrane bioreactor treating municipal solid waste landfill leachate. Proceedings of the 1st EnvironmentAsia International Conference on “Environmental Supporting in Food and Energy Security: Crisis and Opportunity”, 22-25 March, 2011, Bangkok, Thailand.

ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ-นามสกุล

(ภาษาไทย) นาย จิระศักดิ์ ธาระจักร์

(ภาษาอังกฤษ) Mr. Jirasak Tharajak

2. ตำแหน่งปัจจุบัน

อาจารย์ประจำสาขาวิชาวัสดุศาสตร์อุตสาหกรรม

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

3. หน่วยงานและที่อยู่

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

โทรศัพท์ 0 2836 3000

E-mail : jirasak.t@rmutp.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

วท.บ.(ฟิสิกส์)	มหาวิทยาลัยนเรศวร	พ.ศ. 2544
วศ.ม.(เทคโนโลยีวัสดุ)	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	พ.ศ. 2546
ปร.ด.(เทคโนโลยีวัสดุ)	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	พ.ศ. 2555

5. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ

วัสดุศาสตร์

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ
งานวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่/ตีพิมพ์

<u>ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่</u>

1. **J. Tharajak**, T. Palathai, N. Sombatsompop, "Recommendations for h-BN loading and service temperature to achieve low friction coefficient and wear rate for thermal-sprayed PEEK coatings", Surface and Coatings Technology, 321 (2017), pp. 477-483

2. **J. Tharajak**, T. Palathai, N. Sombatsompop, "The effects of magnetic field-enhanced thermal spraying on the friction and wear characteristics of poly(ether-ether-ketone) coatings", Wear, Vol. 372-373 (2017), pp. 68-75.

3. **J. Tharajak**, T. Palathai, N. Sombatsompop, "Morphological and physical properties and friction/wear behavior of h-BN filled PEEK composite coatings", Surface and Coatings Technology, 273 (1) (2015), pp. 20-29.

4. N. Sanpo, **J. Tharajak**, Y. Li, C.C. Berndt, C. Wen, J. Wang, "Biocompatibility of transition metal-substituted cobalt ferrite nanoparticles", Journal of Nanoparticle Research, 16 (7) (2014), no. 2510, pp. 1-13.

5. **J. Tharajak**, T. Palathai, N. Sombatsompop, "Hardness, adhesion index and microstructure of PEEK coating on Al or Fe substrate by LVOF flame spray", Materials Science and Engineering A, 485 (1-2) (2008), pp. 66-73..