

บทที่ 3
ขั้นตอน และวิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

3.1.1 ท่อขยายยืดหยุ่น

ท่อขยายยืดหยุ่นที่ใช้เป็นอุปกรณ์เติมอากาศซึ่งผลิตมาจากการรีไซเคิลของเสียประเภทยาง ผลิตโดย บริษัท เจริญภัทรพานิช จำกัด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 5/8 นิ้ว มีความหนาผนังท่อ ความแข็ง และความเหนียวแตกต่างกันรวมทั้งหมด 18 ตัวอย่างโดยมีรายละเอียดดังนี้

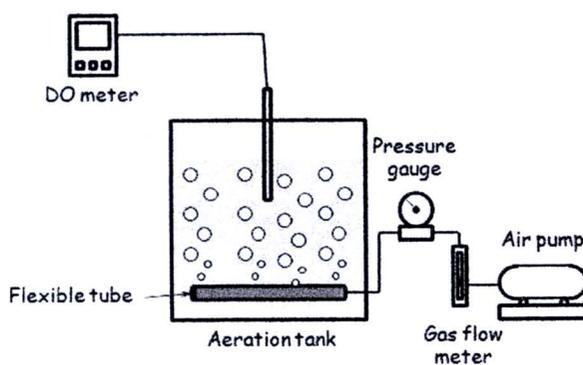
ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงสมบัติของท่อขยายยืดหยุ่นในเบื้องต้นจากผู้ผลิต

ตัวอย่างที่	ขนาดท่อ	ผนังท่อ	ความเหนียว	ความทนต่อแรงดึง
	นิ้ว	-	-	เมกะปาสคาล
1.1	0.625	บาง	ปกติ	16
1.2	0.625	บาง	ปกติ	10
1.3	0.625	บาง	ปกติ	10
2.1	0.625	บาง	เหนียว	27
2.2	0.625	บาง	เหนียว	23
2.3	0.625	บาง	เหนียว	20
3.1	0.625	บาง	แข็ง	21
3.2	0.625	บาง	แข็ง	17
3.3	0.625	บาง	แข็ง	13
6.1	0.625	หนา	ปกติ	16
6.2	0.625	หนา	ปกติ	15
6.3	0.625	หนา	ปกติ	8
7.1	0.625	หนา	เหนียว	25
7.2	0.625	หนา	เหนียว	22
7.3	0.625	หนา	เหนียว	19
8.1	0.625	หนา	แข็ง	22
8.2	0.625	หนา	แข็ง	20
8.3	0.625	หนา	แข็ง	15



รูปที่ 3.1 ภาพแสดงท่อยึดหยุนที่ใช้เป็นอุปกรณ์เติมอากาศ

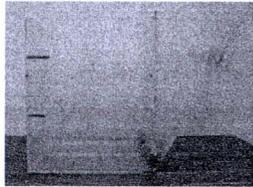
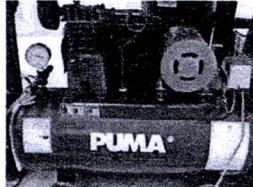
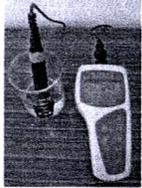
3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย



รูปที่ 3.2 ภาพแสดงชุดอุปกรณ์วิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทออกซิเจนในห้องปฏิบัติการ

- 1.) ถังเติมอากาศขนาด 10 และ 2,500 ลิตร
- 2.) เครื่องเป่าอากาศขนาด 0.25 แรงม้า บริษัท PUMA
- 3.) อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของก๊าซ ขนาดอัตราการไหลสูงสุด 5 30 และ 100 ลิตร/นาที บริษัท NEW-FLOW
- 4.) อุปกรณ์วัดความดันลด ขนาดความดันสูงสุด 15 และ 60 ปอนด์/ตร.นิ้ว บริษัท IK
- 5.) อุปกรณ์วัดออกซิเจนละลาย บริษัท EUTECH รุ่น DO110
- 6.) กล้องถ่ายภาพความเร็วสูง บริษัท Hi-Tech Resources (Thailand) Co., Ltd. รุ่น InLine 2000 ความเร็ว 2,000 ภาพ/วินาที และซอฟต์แวร์วิเคราะห์ภาพ
- 7.) นาฬิกาจับเวลา บริษัท TAKSUN รุ่น TS-613A

ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย และภาพประกอบ

อุปกรณ์	ภาพประกอบ	อุปกรณ์	ภาพประกอบ
ถังเติมอากาศขนาด 10 ลิตร		ถังเติมอากาศขนาด 2,500 ลิตร	
เครื่องเป่าอากาศ		อุปกรณ์วัดอัตราการไหล ของก๊าซ	
อุปกรณ์วัดความดันลด		อุปกรณ์วัดออกซิเจน ละลาย	
กล้องถ่ายภาพความเร็วสูง		นาฬิกาจับเวลา	

3.1.3 สารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

- 1.) โซเดียมซัลไฟต์ (Na_2SO_3) ชนิดผง บริษัท Fisher Scientific
- 2.) โคบอลต์คลอไรด์ (CoCl_2) ชนิดเกล็ด บริษัท UNIVAR
- 3.) แร่ดินขาว (Kaolinite) ชนิดผง บริษัท ศรีจันทร์สหโอสถ จำกัด
- 4.) เกลือ (NaCl) เกลือสมุทรจากร้านค้าทั่วไป
- 5.) เซลล์จุลชีพจากโรงงานบำบัดน้ำเสียดินแดง และโรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยา
- 6.) สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaOCl) ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร บริษัท พลวัตเคมีคอล จำกัด
- 7.) กรดซิตริก ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$) ชนิดผง บริษัท Fisher Scientific
- 8.) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ชนิดเม็ด ชนิดผง บริษัท Fisher Scientific
- 9.) กลูโคส ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) ชนิดผง บริษัท Fisher Scientific

- 10.) สารละลายยูเรีย ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$) จากห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
- 11.) ไดโทแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (K_2HPO_4) จากห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
- 12.) โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) จากห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

3.2 ตัวแปรที่สนใจศึกษา

- 1.) สมบัติของตัวอย่างยืดหยุ่น เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของตัวอย่างยืดหยุ่นที่เหมาะสมต่อการถ่ายเทออกซิเจน สมบัติที่สนใจศึกษา คือ ความหนาแน่นท่อ ความแข็ง และความยืดหยุ่น

ตารางที่ 3.3 ตารางแสดงสมบัติที่สนใจศึกษา และวิธีวิเคราะห์

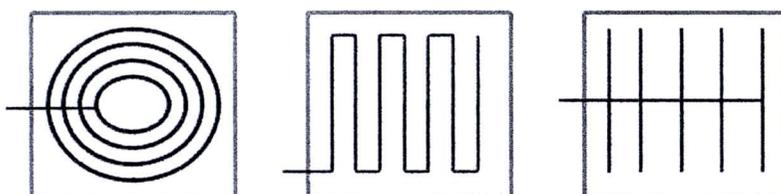
สมบัติที่สนใจศึกษา		วิธีวิเคราะห์
1.	ความหนาแน่นท่อ	เวอร์เนียไมโครมิเตอร์ (Vernier micrometer)
2.	ความแข็ง (Hardness)	เครื่องวัดความแข็งของยาง (Durometer)
3.	ความยืดหยุ่น (Elasticity)	การทดสอบแรงดึง (Tensile test)

- 2.) อัตราการไหลของอากาศ เพื่อศึกษาอัตราการไหลของอากาศที่เหมาะสมในการเติมอากาศที่มีการถ่ายเทออกซิเจนดีที่สุด โดยศึกษาที่อัตราการไหล 1 2 และ 4 ลิตร/นาที สำหรับการวิเคราะห์ในถังเติมอากาศขนาด 10 ลิตร และศึกษาอัตราการไหลช่วง 10 ถึง 100 ลิตร/นาที สำหรับการวิเคราะห์ในถังเติมอากาศขนาด 2,500 ลิตร
- 3.) ลักษณะของเหลวที่เติมอากาศ เพื่อศึกษาผลกระทบจากของเหลวต่อการถ่ายเทออกซิเจนและการดูดตันจากการหยุดเติมอากาศ โดยศึกษาการเติมอากาศและการดูดตันในน้ำที่มีของแข็งแขวนลอยขนาดเล็ก น้ำเค็ม และน้ำที่มีเซลล์จุลชีพ เปรียบเทียบกับการเติมอากาศในน้ำประปาสำหรับถังเติมอากาศขนาด 10 ลิตร แต่สำหรับถังเติมอากาศขนาด 2,500 ลิตร ศึกษาการถ่ายเทออกซิเจนในน้ำประปาเท่านั้น

ตารางที่ 3.4 ตารางแสดงลักษณะของน้ำที่สนใจศึกษา

สภาวะที่สนใจศึกษา	สารที่ใช้	ความเข้มข้น
		มก./ลิตร
1. น้ำที่มีของแข็งแขวนลอย	แร่ดินขาว (Kaolinite)	50 100 และ 200
2. น้ำที่มีของแข็งละลาย	เกลือ (NaCl)	7,500 20,000 และ 35,000
3. น้ำที่มีเซลล์จุลชีพ	เซลล์จุลชีพ	1,000 2,000 และ 3,000

- 4.) ช่วงระยะที่อาจก่อให้เกิดการอุดตันจากการหยุดเติมอากาศ เพื่อศึกษาแนวทางการใช้งานของท่อที่ยืดหยุ่นในกระบวนการเติมอากาศในน้ำที่มีของแข็งแขวนลอยขนาดเล็ก น้ำเค็ม และน้ำที่มีเซลล์จุลชีพ โดยศึกษาระยะเวลาการหยุดเติมอากาศที่ 6 72 168 และ 240 ชั่วโมง
- 5.) วิธีทำความสะอาด เพื่อศึกษาวิธีทำความสะอาดที่เหมาะสมของท่อที่ยืดหยุ่น โดยศึกษาวิธีทำความสะอาดโดยการขัดที่ผิวของท่อ และการเป่าด้วยความดันสูง
- 6.) รูปแบบการจัดเรียงท่อที่ยืดหยุ่น เพื่อศึกษารูปแบบการจัดเรียงท่อที่เหมาะสมในถังเติมอากาศเพื่อการถ่ายเทออกซิเจนที่ดี โดยศึกษารูปแบบต่างๆ ประมาณ 3 รูปแบบ และในแต่ละรูปแบบใช้ท่อยาวเท่ากัน



รูปที่ 3.3 ภาพจำลองแสดงรูปแบบการจัดเรียงท่อที่ยืดหยุ่นในถังเติมอากาศ

- 7.) ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทออกซิเจน ใช้ประเมินการถ่ายเทออกซิเจนในสภาวะต่างๆ ที่สนใจศึกษาในงานวิจัย โดยการวัดค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลาย ณ เวลาใดๆ ขณะเติมอากาศ และวิเคราะห์เป็นค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทออกซิเจนตามหัวข้อที่ 3.4 เพื่อการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการถ่ายเทออกซิเจน และประสิทธิภาพเชิงพลังงาน
- 8.) ขนาดฟองอากาศ ใช้ประกอบการประเมินการถ่ายเทออกซิเจนในสภาวะต่างๆ ที่สนใจศึกษาในงานวิจัย โดยการถ่ายภาพด้วยกล้องความเร็วสูง และวิเคราะห์ขนาดโดยซอฟต์แวร์วิเคราะห์ภาพ เพื่อการอธิบายการถ่ายเทออกซิเจนอย่างชัดเจน

- 9.) ความเร็วลอยตัวของฟองอากาศ ใช้ประกอบการประเมินการถ่ายเทออกซิเจนในสภาวะต่างๆ ที่สนใจศึกษาในงานวิจัย โดยการถ่ายภาพด้วยกล้องความเร็วสูง และวิเคราะห์ความเร็วโดยซอฟต์แวร์วิเคราะห์ภาพ เพื่อการอธิบายการถ่ายเทออกซิเจนอย่างชัดเจน
- 10.) ความดันขณะเติมอากาศ ใช้ประเมินกำลังที่จำเป็นของเครื่องเป่าอากาศ โดยอุปกรณ์วัดความดันขณะเติมอากาศเพื่อการวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงพลังงาน

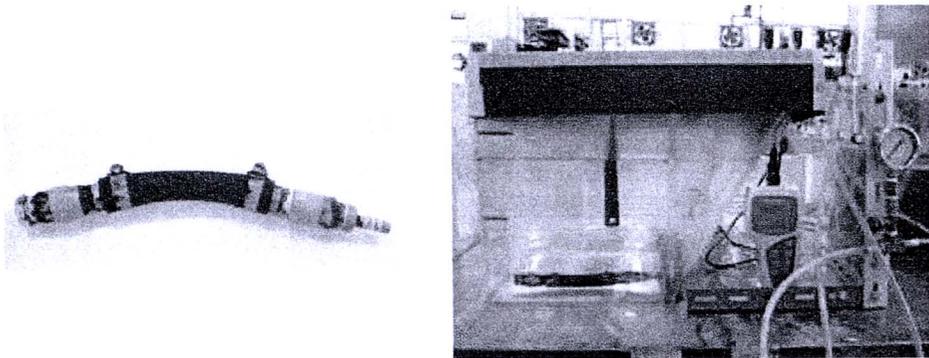
3.3 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.3.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของอุปกรณ์เติมอากาศชนิดท่อยืดหยุ่น

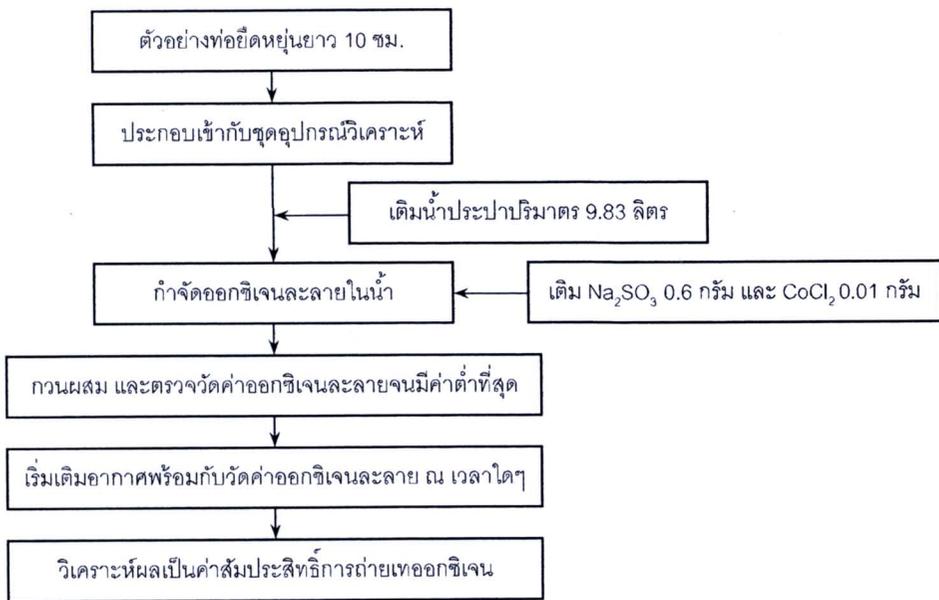
วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของอุปกรณ์เติมอากาศชนิดท่อยืดหยุ่นซึ่งผลิตมาจากการรีไซเคิลของเสียประเภทยาง สมบัติทางกายภาพที่สนใจศึกษา คือ ความหนาแน่นต่อ ความแข็ง และความยืดหยุ่น วิเคราะห์โดยวิธีดังแสดงในตารางที่ 3.3 วิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการกรมวิทยาศาสตร์บริการ

3.3.2 การศึกษาประสิทธิภาพการถ่ายเทมวลสาร (Aeration performance parameters)

- 1.) ศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทออกซิเจนของตัวอย่างท่อยืดหยุ่นต่างๆตามตารางที่ 3.1 มีความยาว 10 ซม. ประกอบเข้ากับชุดอุปกรณ์วิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทออกซิเจนดังรูปที่ 4.4 ในถังเติมอากาศขนาด 10 ลิตร เติมอากาศในน้ำประปาปริมาตร 9.83 ลิตร โดยอัตราการไหลของอากาศ 1 ถึง 4 ลิตร/นาที ตรวจวัดค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลาย ณ เวลาใดๆ บันทึกผลและวิเคราะห์เป็นค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทออกซิเจนตามหัวข้อที่ 2.4.1

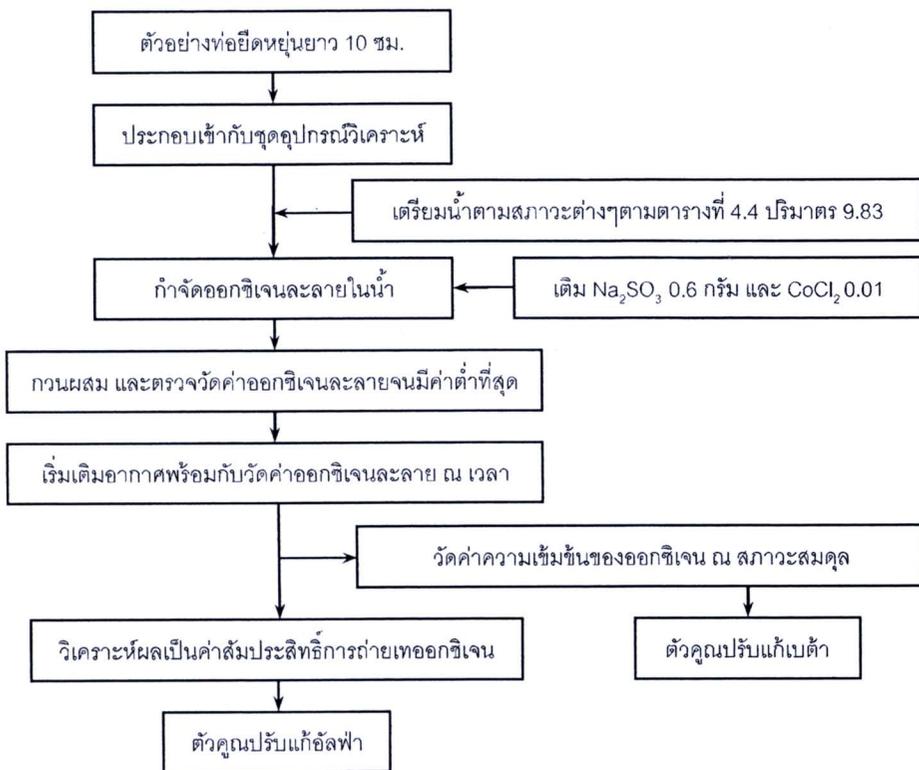


รูปที่ 3.4 ภาพแสดงการติดตั้งท่อยืดหยุ่นกับชุดอุปกรณ์วิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทออกซิเจน



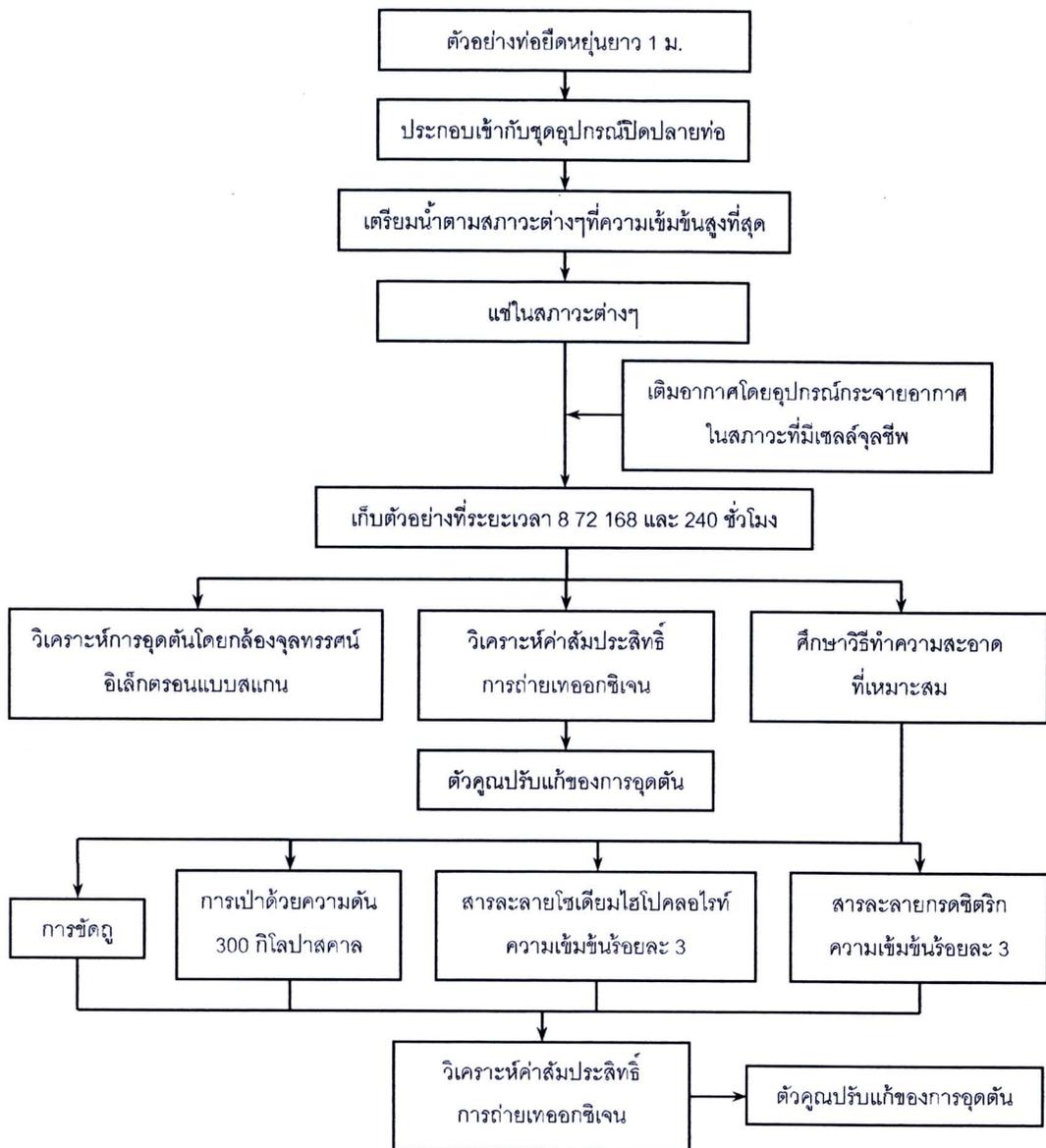
รูปที่ 3.5 แผนผังแสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทออกซิเจนในน้ำประปา

- 2.) ศึกษาตัวแปรทางอุทกพลศาสตร์ของฟองอากาศ โดยนำตัวอย่างท่อยัดหินต่างๆตามตารางที่ 3.1 มีความยาว 10 ซม. ประกอบเข้ากับชุดอุปกรณ์ดังรูปที่ 3.4 เติมอากาศที่อัตราการไหล 1 และ 4 ลิตร/นาที ในถังเติมอากาศขนาด 10 ลิตร เติมน้ำประปาปริมาตร 9.83 ลิตร ระหว่างการเติมอากาศถ่ายภาพฟองอากาศโดยกล้องความเร็วสูงและตรวจวัดค่าความดัน แล้วใช้ซอฟต์แวร์วิเคราะห์ห้ขนาดฟองอากาศและความเร็วลอยตัวของฟองอากาศ หลังจากนั้นจึงวิเคราะห์ความถี่ของการเกิดฟองอากาศ พื้นที่สัมผัสจำเพาะ และพลังงานที่จำเป็นตามสมการที่ 2.23 2.26 และ 2.32 ตามลำดับ
- 3.3.3 การศึกษาผลกระทบจากสภาวะการทำงานต่างๆต่อประสิทธิภาพการเติมอากาศ การอุดตัน และวิธีทำความสะอาดที่เหมาะสม
- 1.) ศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทออกซิเจนของตัวอย่างท่อยัดหินในสภาวะการทำงานต่างๆตามตารางที่ 3.4 โดยใช้ตัวอย่างท่อที่มีประสิทธิภาพการถ่ายเทออกซิเจน และประสิทธิภาพเชิงพลังงานเหมาะสมที่สุดจากผลการศึกษาหัวข้อที่ 3.3.2



รูปที่ 3.6 แผนผังแสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทออกซิเจนในสภาวะต่างๆ

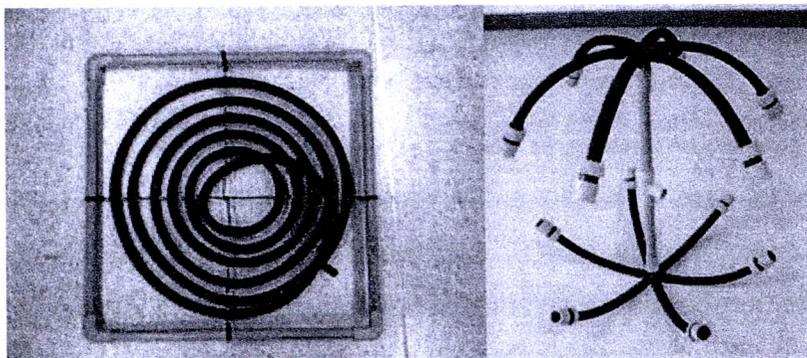
- 2.) ศึกษาตัวแปรทางอุทกพลศาสตร์ของฟองอากาศขณะเติมอากาศในสภาวะการทำงานต่างๆตามตารางที่ 3.4 โดยใช้ตัวอย่างท่อที่เหมาะสมที่สุด เติมอากาศที่อัตราการไหล 1 และ 4 ลิตร/นาที ในถังเติมอากาศขนาด 10 ลิตร เติมน้ำที่มีลักษณะตามตารางที่ 3.4 ปริมาตร 9.83 ลิตร ระหว่างการเติมอากาศถ่ายภาพฟองอากาศโดยกล้องความเร็วสูงและตรวจวัดค่าความดันเพื่อศึกษาตัวแปรทางอุทกพลศาสตร์ของฟองอากาศ และประสิทธิภาพเชิงพลังงาน
- 3.) ศึกษาระยะเวลาที่อาจก่อให้เกิดการอุดตันจากการหยุดเติมอากาศ โดยนำตัวอย่างท่อยัดหินที่เหมาะสมที่สุดในสภาวะต่างๆที่ความเข้มข้นสูงที่สุดเป็นระยะเวลา 8 72 168 และ 240 ชั่วโมง เนื่องจากอาจก่อให้เกิดการอุดตันได้ง่าย และมีผลกระทบต่อค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทออกซิเจนมากที่สุด เมื่อครบกำหนดจึงเก็บตัวอย่างแบ่งเป็น 3 ส่วน เพื่อศึกษาลักษณะการอุดตันโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน วิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทออกซิเจน และศึกษาวิธีทำความสะอาดที่เหมาะสม
- 4.) ศึกษาวิธีทำความสะอาดที่เหมาะสม โดยนำตัวอย่างท่อยัดหินที่ถูกแช่ในสภาวะต่างๆตามระยะเวลาที่กำหนดเพื่อทำให้อุดตันมาทำความสะอาดโดยวิธีการขัดถูทั้ง 4 ด้านของท่อ การเป่าด้วยความดันสูงประมาณ 300 กิโลปาสคาล นาน 30 นาที แช่ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์หรือสารละลายกรดซิตริก ความเข้มข้นร้อยละ 3 โดยมวลต่อปริมาตร นาน 30 นาที หลังจากนั้นจึงนำตัวอย่างมาวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทออกซิเจน และตัวคูณปรับแก้ของการอุดตันเพื่อเปรียบเทียบการทำทำความสะอาดด้วยวิธีการต่างๆ



รูปที่ 3.7 แผนผังแสดงขั้นตอนการศึกษาการอุดตันจากการหยุดเติมอากาศ

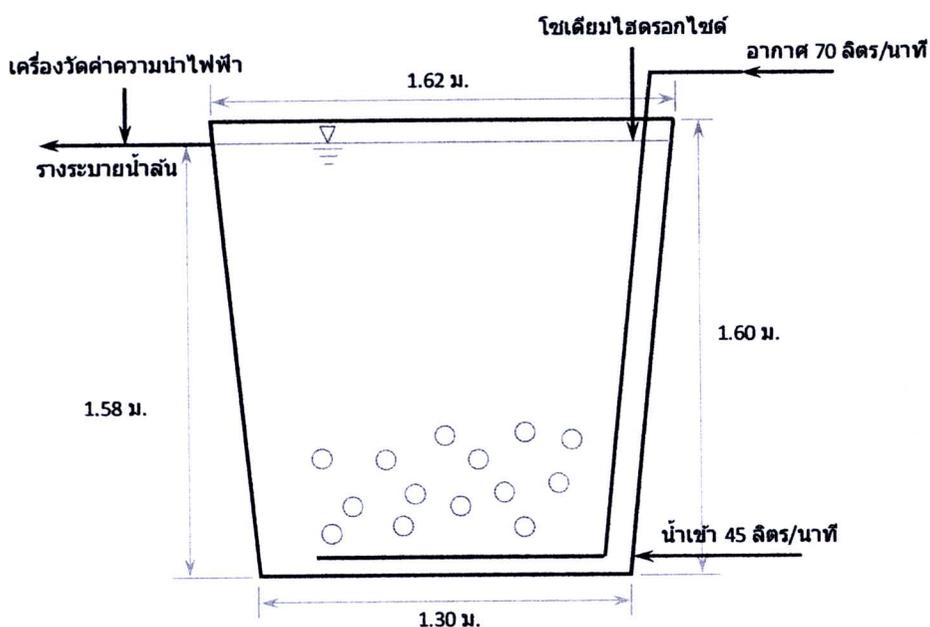
3.3.4 การศึกษารูปแบบการจัดเรียงท่อยืดหยุ่นในถังเติมอากาศ

- 1.) เตรียมตัวอย่างท่อยาวประมาณ 4 ม. มาจัดเรียงเป็นรูปร่างต่างๆดังแสดงในรูปที่ 3.3 เพื่อทำให้เกิดการถ่ายเทออกซิเจนอย่างทั่วถึง และหลีกเลี่ยงการอุดตัน
- 2.) วิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทออกซิเจนในถังเติมอากาศขนาด 2,500 ลิตร เติมอากาศในน้ำประปาด้วยอัตราการไหลของอากาศ 10 ถึง 100 ลิตร/นาที กำจัดออกซิเจนละลายเริ่มต้นในน้ำประปาโดยใช้โซเดียมซัลไฟด์ และโคบอลต์คลอไรด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เริ่มเติมอากาศพร้อมกับวัดค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลาย ณ เวลาใดๆ และวัดความดันขณะเติมอากาศ วิเคราะห์ผลเป็นค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทออกซิเจน ประสิทธิภาพการถ่ายเทออกซิเจน และประสิทธิภาพเชิงพลังงาน (กชกร ก้องกังวาลย์ และคณะ, 2552)



รูปที่ 3.8 ภาพแสดงตัวอย่างรูปแบบการจัดเรียงอุปกรณ์เติมอากาศชนิดท่อยึดหยุ่น

- 3.) วิเคราะห์ฟังก์ชันการกระจายเรซิเดนซ์ไทม์ (Residence Time Distribution, RTD) เพื่อศึกษาระดับความปั่นป่วนในน้ำที่เกิดจากการเติมอากาศ โดยติดตั้งอุปกรณ์ดังรูป



รูปที่ 3.9 ภาพแสดงการติดตั้งอุปกรณ์วิเคราะห์ฟังก์ชันการกระจายเรซิเดนซ์ไทม์

ทำการทดลองในถังเติมอากาศขนาด 2,500 ลิตร มีการสูบน้ำเข้าที่ก้นถังด้วยอัตราการไหล 45 ลิตร/นาที และมีรางระบายน้ำล้นที่ผิวน้ำ ใช้ท่อยึดหยุ่นที่ถูกจัดเรียงเป็นรูปแบบต่างๆดังรูปที่ 3.3 เป็นอุปกรณ์เติมอากาศเพื่อสร้างความปั่นป่วน เติมอากาศด้วยอัตราการไหล 70 ลิตร/นาที ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.5 โมล/ลิตร เป็นเทอร์เซอร์แบบพัลส์ (Pulse) โดยคำนวณให้โซเดียมไฮดรอกไซด์ถูกเจือจางเป็น 0.01 โมล/ลิตร ในถังเติมอากาศตรวจวัดค่าความนำไฟฟ้า ณ เวลาใดๆที่รางระบายน้ำล้น คำนวณระยะเวลาที่เก็บโดยเฉลี่ยดังสมการ

$$\bar{t} = \sum_i t_i E_i(t) \Delta t \quad (3.1)$$

เมื่อ \bar{t} คือระยะเวลาที่เก็บโดยเฉลี่ย (นาที) และ $E(t)$ คือฟังก์ชันการกระจายเรติเดนซ์ไทม์ (1/นาที) ระยะเวลาที่เก็บโดยเฉลี่ยทำให้ทราบถึงระยะเวลาที่เก็บของน้ำที่เกิดขึ้นจริงในถังเติมอากาศ ซึ่งความคลาดเคลื่อนไปจากค่าที่คำนวณได้ทางทฤษฎีแสดงถึงการเกิดจุดอับ (Dead zone) หรือการไหลลัดวงจร (Short circuit) ภายในถังเติมอากาศ หลังจากนั้นคำนวณค่าความแปรปรวนของเรติเดนซ์ไทม์ (Variance, σ^2) ดังสมการ

$$\sigma^2 = \sum_i t_i^2 E_i(t) \Delta t_i - \bar{t}^2 \quad (3.2)$$

เมื่อคำนวณค่าความแปรปรวนของเรติเดนซ์ไทม์ได้แล้วจะสามารถคำนวณเลขเพคเลตต์ (Peclet number, Pe) ตามความสัมพันธ์ดังสมการ

$$\sigma^2 = \frac{2}{Pe} - \left(\frac{2}{Pe} \right) \left(1 - e^{-Pe} \right) \quad (3.3)$$

เมื่อคำนวณเลขเพคเลตต์ทำให้สามารถอธิบายการไหลแบบไม่อุดมคติ (Nonideal flow) ของน้ำในถังเติมอากาศได้ว่าเป็นการไหลที่เข้าใกล้การไหลแบบท่อ (Plug flow) หรือการไหลแบบกวนสมบูรณ์ (Completely mixed flow) โดยที่เลขเพคเลตต์มีค่าเข้าใกล้ศูนย์แสดงถึงการไหลแบบกวนสมบูรณ์ และเมื่อมีค่ามากกว่า 1 แสดงถึงการไหลแบบท่อ (วิโรจน์ บุญอำนวยวิทยา, 2544) หลังจากนั้นจึงสามารถคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ตามแนวการไหล (Liquid axial dispersion coefficient, Ezi) ได้ดังสมการ

$$Ezi = \frac{U_l \times H_c}{Pe(1 - \varepsilon_g)} \quad (3.4)$$

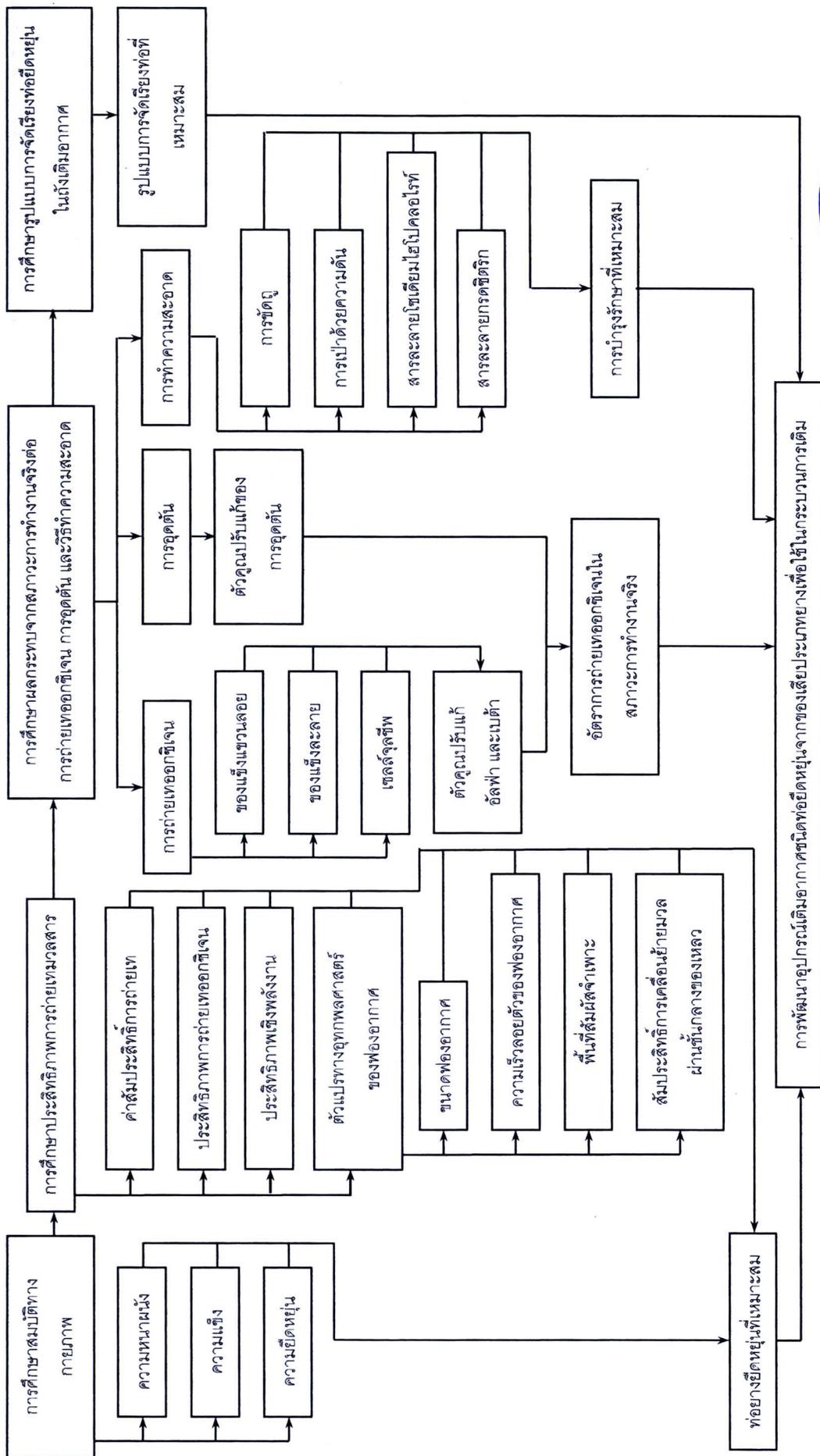
เมื่อ U_l คือ ความเร็วน้ำ (ม./วินาที) H_c คือความสูงของน้ำ (ม.) และ ε_g คือ สัดส่วนก๊าซในถังเติมอากาศ (Gas holdup) เพื่ออธิบายถึงลักษณะการแพร่ตามแนวการไหลของน้ำ หากเกิดการแพร่มากอาจส่งเสริมให้เกิดการถ่ายเทออกซิเจนได้อย่างทั่วถึงในถังเติมอากาศ (Mousstiri และคณะ, 2001) จากการวิเคราะห์ห้ฟังก์ชันการกระจายเรติเดนซ์ไทม์สามารถอธิบายถึงระดับความปั่นป่วนของน้ำที่สัมพันธ์กับการถ่ายเทออกซิเจนอย่างทั่วถึงในถังเติมอากาศ เพื่อใช้ประกอบการพิจารณารูปแบบการจัดเรียงท่อที่เหมาะสมในถังเติมอากาศ

3.3.5 การทำนายค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทออกซิเจน

ศึกษาการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายค่าตัวแปรด้านการถ่ายเทออกซิเจน และตัวแปรทางอุทกพลศาสตร์ของฟองอากาศ โดยใช้แบบจำลองต่างๆตามตารางที่ 2.3 ถึง 2.7 ในการทำนายขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของฟองอากาศ (d_b) จากความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางกายภาพของท่อ ยึดหยุ่นกับอัตราการไหลของอากาศ หลังจากนั้นจึงใช้เป็นตัวแปรหลักในการทำนายตัวแปรอื่นๆ ได้แก่ ความเร็วลอยตัวของฟองอากาศ (U_b) พื้นที่สัมผัสจำเพาะระหว่างฟองอากาศกับน้ำ (a) สัมประสิทธิ์การเคลื่อนย้ายมวลผ่านชั้นกลางของเหลว (k_L) และสัมประสิทธิ์การถ่ายเทออกซิเจน ($k_L a$) ตามลำดับ เปรียบเทียบผลทำนายกับผลที่ได้จากการวิเคราะห์ เพื่อเลือกและนำเสนอแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับการทำนายค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทออกซิเจนในสภาวะการเติมอากาศต่างๆที่สนใจในงานวิจัยนี้ เมื่อใช้ท่อ ยึดหยุ่นเป็นอุปกรณ์เติมอากาศแบบท่อ

3.4 สรุปขั้นตอน และวิธีดำเนินงานวิจัย

จากการดำเนินงานวิจัยมุ่งหวังให้สามารถพัฒนาอุปกรณ์เติมอากาศชนิดท่อยึดหยุ่นที่ผลิตจากการรีไซเคิลของเสียประเภทยางให้มีสมบัติเหมาะสมแก่การประยุกต์ใช้ในกระบวนการเติมอากาศทั้งด้านประสิทธิภาพการถ่ายเทออกซิเจน และประสิทธิภาพเชิงพลังงาน สามารถออกแบบกระบวนการเติมอากาศ ออกแบบแนวทางการใช้งาน และวิธีบำรุงรักษาได้อย่างเหมาะสมเพื่อการถ่ายเทออกซิเจนที่ดีในสภาวะการ ใช้งานจริง จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ อนุรักษ์พลังงาน และลดต้นทุนจากการใช้ อุปกรณ์ที่ผลิตภายในประเทศโดยไม่สูญเสียประสิทธิภาพการทำงาน



รูปที่ 3.10 แผนผังสรุปขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย