1-บทนำและความสำคัญ

1-1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ภาวะปัจจุบันที่มีการขยายตัวและเติบโตของกิจกรรมด้านอุตสาหกรรม เกษตรกรรม ซึ่งส่งผลต่อเนื่องให้มีการขยายตัวของชุมชนเพิ่มมากขึ้น ผลกระทบที่เกิดขึ้นตามมา คือ ปัญหาด้านมลพิษสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะอย่างยิ่งการระบายและปล่อยทิ้งของเสีย น้ำเสียที่ไม่ผ่านการบำบัด หรือ น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วจากแหล่งชุมชน อุตสาหกรรมต่างๆ สู่แหล่งน้ำสายหลักต่างๆ ก่อให้เกิดสภาวะความเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำจนไม่สามารถที่จะนำน้ำดิบจากแหล่งดังกล่าวไปใช้ประโยชน์โดยตรงเพื่อการอุปโภค-บริโภคหากไม่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วยกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งหรือหลายกระบวนการร่วมกัน การปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อใช้ในกิจกรรมต่างๆในภาคชุมชน หรือ อุตสาหกรรมนั้นประกอบไปด้วยหน่วยปฏิบัติการและขั้นตอนต่างๆที่แตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์ของการใช้น้ำในกิจกรรมต่างๆ ความเข้มข้น และ ประเภทของมลสารที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำดิบนั้นๆ

โดยทั่วไปแล้วกระบวนการหลักในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ ประกอบด้วยกระบวนการหนึ่งหรือหลายชุดกระบวนการต่อไปนี้ร่วมกัน ได้แก่ กระบวนการไล่ก๊าซ-แยกองค์ประกอบระเหยง่าย (Stripping and Extraction of volatile components) ,กระบวนการทำน้ำใส เช่น ถังตกตะกอนขั้นแรก-ขั้นที่สอง ถังกรองทราย และ การสร้าง-รวมตะกอนด้วยสารเคมี (Clarification steps), กระบวนการสกัด-กำจัดเฉพาะ เช่น การแลกเปลี่ยนอิออน และ การดูดซับด้วยวัสดุ (Specific Extraction such as Ion exchange and Adsorption)

ระบบเยื่อกรองระดับไมโครฟิลเตรชั่นและ อัลตราฟิลเตรชั่น (Microfiltration and Ultrafiltration systems) เป็นกระบวนการหนึ่งที่เข้ามาเป็นทางเลือกในการใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภค และ ใช้เป็นระบบบำบัดขั้นสูงเพื่อปรับสภาพน้ำทิ้งหลังบำบัดขั้นสุดท้ายเพื่อหมุนเวียนใช้ในกิจกรรมอื่นๆ ซึ่งเป็นที่แพร่หลายและยอมรับในประเทศแถบยุโรป อเมริกาเหนือ และ แคนาดา เพื่อแทนที่ระบบ-หน่วยปฏิบัติการแบบดั้งเดิม ที่ประกอบด้วยหลายชุดหน่วยในการลด กำจัด และ แยกสารแขวนลอยออกจากน้ำดิบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปนเปื้อนของจุลินทรีย์-ไข่พยาธิบางชนิด เช่น Cryptosporidium parvum และ Giadria lamblia ที่มีขนาดระหว่าง 4-6 μm และ 8-10 μm ที่ไม่สามารถกำจัดได้ด้วยการกรองทรายและการฆ่าเชื้อโรคในขั้นตอนสุดท้ายด้วยก๊าซคลอรีนหรือสารประกอบคลอรีนในขั้นตอนสุดท้ายก่อนส่งเข้า

สู่ระบบจ่ายน้ำ อีกทั้งสามารถประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพร่วมกับกระบวนการสร้าง-รวมตะกอน หรือ การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ในกรณีที่มีการปนเปื้อนของมลสารพิษขนาดเล็ก (Micro pollutants) ในน้ำดิบ จึงเป็นการช่วยลดการใช้สารเคมีและประกันคุณภาพน้ำให้อยู่ในระดับสูง และสามารถใช้ร่วมกับระบบเยื่อกรองในระดับที่สูงขึ้น เช่น นาโนฟิลเตรชั่น (Nanofiltration) และ รีเวิสออสโมซิส (Reverse Osmosis) เพื่อประกันคุณภาพน้ำให้ได้ตามวัตถุประสงค์เฉพาะของการใช้น้ำ

ระบบเยื่อกรองระดับไมโครฟิลเตรชั่น และ อัลตราฟิลเตรชั่นที่มีเยื่อกรองจมตัว (Microfiltration and Ultrafiltration with an immersed membrane system) เป็นระบบที่ประกอบด้วยชุดเยื่อกรอง (membrane module) ชนิดท่อกลวงหรือเส้นใย (Capillary-Hollow fiber membranes) หรือ ชนิดแผ่น (Flat sheet membranes) จมตัวอยู่ในสารแขวนลอยหรือของเหลวที่ต้องการบำบัด ชุดเยื่อกรองที่ใช้มีพื้นที่ผิวกรองด้านนอก (External surface filtration) ดังนั้นรูปแบบการกรองจึงเป็นแบบกรองจากผิวด้านนอกสู่ด้านใน (Outside-Inside filtration mode) และเพิ่มความปั่นป่วนวงกว้างหรือเฉพาะบริเวณชุดเยื่อกรองด้วยระบบการเติมอากาศ (กรณีใช้ในการบำบัดน้ำเสีย และใช้กรองแยกสารแขวนลอยที่มีความเข้มข้นสูง) เพื่อลดความเข้มข้นที่สะสมบริเวณผิวเยื่อกรองขณะกรองในกรณีที่น้ำดิบเข้าระบบมีความเข้มข้นสารแขวนลอยสูงในระบบผลิตน้ำประปาซึ่งใช้แทนที่ขั้นตอนการทำใส (Clarification steps) หรือ สามารถใช้ร่วมกับขั้นตอนการสร้าง-รวมตะกอน การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ชนิดผงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการปรับปรุงคุณภาพน้ำดิบกรณีที่น้ำดิบมีสารแขวนลอยและปนเปื้อนมลสารพิษต่างๆ เช่น ยาปราบศัตรูพืช (Pesticides) สารอินทรีย์ (Organic matter)

จากรายงานการวิจัยและการใช้งานระดับสเกลอุตสาหกรรมเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำใช้และบำบัดน้ำเสีย ซึ่งพบข้อได้เปรียบของระบบนี้หลายประการ คือ ระบบการเติมอากาศช่วยป้องกันและลดการเกิดสะสมของความเข้มข้นบริเวณใกล้ผิวกรองเป็นจึงทำให้การกรองอยู่ในรูปแบบแทนเจนเชียน (tangential filtration mode) ซึ่งเป็นการควบคุมและจำกัดการเกาะตัวของอนุภาคบนผิวกรองภายใต้พลังงานที่ใช้ต่ำและคุ้มค่ามากเมื่อเทียบกับระบบที่มีชุดเยื่อกรองแบบแยกส่วนที่อาศัยระบบปั๊มสูบเพื่อให้เกิดการหมุนเวียนของเหลวภายในถังปฏิกิริยาเข้าสู่ชุดเยื่อกรอง ซึ่งทำให้เกิดความเร็วเฉือนที่ผิวเยื่อกรองเป็นการลดการสะสมตัวของอนุภาคและความเข้มข้นของสารละลายบริเวณผิวเยื่อกรองได้ ดังนั้นระบบเยื่อกรองที่มีเยื่อกรองแบบจมตัวจึงไม่มีค่าใช้จ่ายในเรื่องของชุดอุปกรณ์ประกอบเพื่อติดตั้งระบบ เช่น ระบบปั๊มและท่อหมุนเวียนของเหลว สารแขวนลอย ใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อย และ การเดินระบบไม่ยุ่งยากซับซ้อน

อย่างไรก็ดีการพัฒนาระบบเยื่อกรองยังคงถูกจำกัดเนื่องจากปรากฏการณ์ฟาวลิ่ง (Fouling phenomena) ที่เกิดขึ้นระหว่างการเดินระบบฯที่ส่งผลให้สมรรถนะและประสิทธิภาพของระบบโดยภาพรวมลดลง เนื่องจากการสะสมตัวของอนุภาคที่ทำให้เกิดความเข้มข้นที่สูงบริเวณใกล้ผิวเยื่อกรอง (Concentration polarization), การเกิดชั้นอนุภาคหรือสารละลายสะสมตัวเป็นเค้กหรือ เจลบนผิวเยื่อกรอง (cake and jell layer) และการอุดตันภายในช่องพรุนรูกรองเมมเบรน ซึ่งสามารถฟื้นสภาพการกรองได้ใหม่อีกครั้งด้วยวิธีการทางไฮโดรไดนามิกส์ เรียกว่าเป็นฟาวลิ่งแบบฟื้นสภาพได้ (Reversible fouling) แต่เมื่อเยื่อกรองจำเป็นต้องมีการใช้สารเคมีเพื่อฟื้นสภาพการกรองเนื่องจากเกิดการกระทำระหว่างกันของสารประกอบต่างๆในของเหลวกับเนื้อวัสดุเยื่อกรองหรือการดูดติดของอนุภาค หรือ สารละลายต่างๆบนผิวเยื่อกรอง (solutes interactions and adsorption on/in membrane surface) การตกตะกอนผลึกเคมีของสารประกอบอนินทรีย์ (inorganic chemical precipitation) เรียกว่า ฟาวลิ่งแบบไม่สามารถฟื้นสภาพได้ (Non reversible fouling or Irreversible fouling)

ระบบเยื่อกรองที่ชุดเยื่อกรองจมตัว สำหรับการปรับปรุงคุณภาพน้ำผิวดิน-น้ำทิ้งหลังบำบัดนั้น สามารถเดินระบบได้อย่างต่อเนื่องและมีคุณภาพน้ำที่ผ่านการกรองได้ตามมาตรฐานการใช้เพื่อกิจกรรมอุปโภค-บริโภค อีกทั้งยังสามารถนำมาหมุนเวียนใช้ในกิจกรรมอื่นๆได้ ดังนั้น การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสมรรถนะและประสิทธิภาพของระบบในภาพรวม ได้แก่ สภาวะทางไฮโดรไดนามิกส์ในถังปฏิกิริยา-ปฏิกรณ์ (ทิศทาง และ การหมุนเวียนของของเหลว, รูปแบบของระบบเติมอากาศ) และรูปแบบ-ลักษณะของชุดเยื่อกรองที่ติดตั้ง (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเยื่อกรองชนิดท่อกลาง-เส้นใย วัสดุและชนิดของเยื่อกรอง พื้นที่ผิวเยื่อกรองต่อชุดเยื่อกรอง-จำนวนเยื่อกรองชนิดท่อกลวง-เส้นใยต่อชุดเยื่อกรอง) หรือรูปแบบของถังปฏิกิริยา-ปฏิกรณ์ที่ใช้ **(Choksuchart et al., 2002(1);Choksuchart et al., 2002(2); Sridang et al., 2004)** รวมถึงการปรับสภาพน้ำดิบด้วยกระบวนการทางกายภาพ-เคมีร่วมกับการใช้ระบบเยื่อกรองแบบจมตัว ส่งผลต่อการลดฟาวลิ่ง และประกันคุณภาพน้ำหลังกรองให้ได้ตามมาตรฐานเพื่อกิจกรรมต่างๆ อีกด้วย

การศึกษาวิจัยนี้เพื่อพัฒนาระบบเยื่อกรองแบบจมตัว ซึ่งเดินระบบภายใต้สภาวะที่เหมาะสมและสามารถเดินระบบได้อย่างต่อเนื่อง ลดการสูญเสียน้ำและสารเคมีเพื่อใช้ฟื้นสภาพการทำงานของเยื่อกรอง อีกทั้งสามารถพัฒนาต่อยอดเป็นระบบขนาดเล็ก (Small scale system) เพื่อใช้งานระดับชุมชนและระดับสเกลอุตสาหกรรมทั่วไปเพื่อการใช้ทรัพยากรน้ำที่มีอยู่อย่างคุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุด

1-2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1 เพื่อศึกษาสมรรถนะและสภาวะที่เหมาะสมในการเดินระบบเยื่อกรองระดับอัลตราฟิลเตรชั่นที่เยื่อกรองแบบจมตัวในการปรับปรุงคุณภาพน้ำผิวดิน-น้ำทิ้งหลังบำบัดขั้นที่สอง

2 เพื่อศึกษาอิทธิพลและสภาวะทางไฮโดรไดนามิกส์ที่มีต่อสมรรถนะและประสิทธิภาพของระบบ

3 เพื่อศึกษาสาเหตุของฟาวลิ่งและอัตราการเกิดฟาวลิ่งในชุดเยื่อกรองระดับอัลตราฟิลเตรชั่นที่สภาวะต่างๆ ของการปรับปรุงคุณภาพน้ำผิวดิน-น้ำทิ้งหลังบำบัดขั้นที่สอง