บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำการจัดเรียงไฮโดรไซโคลนแบบอนุกรมที่ไม่ได้ติดตั้งกริทพอตและที่ติดตั้งกริทพอต เป็นหน่วยบำบัดขั้นต้นในการผลิตน้ำประปา และพารามิเตอร์ต่างๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของไฮโดรไซโคลน ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกทำการทดลองด้วยการจัดเรียงไฮโดรไซโคลนแบบอนุกรมที่ไม่ติดตั้งกริทพอต โดยไฮโดรไซโคลนที่ใช้ในงานวิจัยมี 3 ขนาด คือ 75 50 และ 10 มิลลิเมตร นำมาจัดเรียงกันแบบอนุกรมแบ่งเป็น 3 ชุด คือ ชุดแรก 75 50 และ 10 มิลลิเมตร ชุดที่สอง 75 และ 50 มิลลิเมตร และชุดที่สาม 50 และ 10 มิลลิเมตร ส่วนที่สองทำการทดลองด้วยการจัดเรียงไฮโดรไซโคลนแบบอนุกรมที่ติดตั้งกริทพอต โดยติดตั้งกริทพอตที่ทางออกด้านล่างของไฮดดรไซโคลนทุกขนาด และจัดเรียงชุดการทดลองเช่นเดียวกับในส่วนแรก ซึ่งทั้งสองส่วนนั้นควบคุมความดันเพื่อปรับอัตราไหลเข้า 4 ค่า คือ 0.5 - 3 บาร์ และ สำหรับส่วนการทดลองที่ติดตั้งกริทพอตนั้นจะใช้เวลาที่ใช้ในกริทพอต คือ 30 - 360 นาที

5.1.1 ประสิทธิภาพในการแยกของแข็งแขวนลอยของการจัดเรียงไฮโดรไซโคลนแบบอนุกรม

การจัดเรียงไฮโดรไซโคลนแบบอนุกรมที่ไม่ได้ติดตั้งกริทพอต

ในการจัดเรียงไฮโดรไซโคลนแบบอนุกรมที่ไม่ได้ติดตั้งกริทพอตทุกการจัดเรียงมีประสิทธิภาพในการแยกของแข็งแขวนลอยสูงมากกว่า 100% ซึ่งไม่สะท้อนกับความเป็นจริง ทั้งนี้เนื่องจากในการจัดเรียงไฮโดรไซโคลนแบบอนุกรมที่ไม่ได้ติดตั้งกริทพอตมีอัตราการไหลที่ทางออกด้านบนต่ำ อัตราการไหลที่ทางออกด้านล่างโดยรวมสูงมาก ส่งผลให้อัตราการแบ่งไหล (R_f) มีค่าสูงมากเช่นเดียวกัน ทั้งที่โดยปกติแล้วควรจะมีค่าต่ำ และส่งผลให้ไฮโดรไซโคลนแบบอนุกรมที่ไม่ได้ติดตั้งกริทพอตให้ปริมาณน้ำที่ผ่านการบำบัดต่ำ เมื่อเทียบกับน้ำเข้า นอกจากนี้ยังพบว่าความเข้มข้นของแข็งแขวนลอยที่ทางออกด้านล่างสูงกว่าที่ทางออกด้านบนไม่มากนัก จึงสามารถสรุปได้ว่าการจัดเรียงไฮโดรไซโคลนแบบอนุกรมที่ไม่ได้ติดตั้งกริทพอตที่นำมาใช้บำบัดน้ำดิบในงานวิจัยนี้ไม่ความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในงานจริง

การจัดเรียงไฮโดรไซโคลนแบบอนุกรมที่ติดตั้งกริทพอต

เมื่อนำกริทพอตมาติดตั้งที่ทางออกด้านล่างของไฮโดรไซโคลน ทำให้อนุภาคของแข็งแขวนลอยที่ถูกแยกออกจากไฮโดรไซโคลนที่ทางออกด้านล่างไหลลงสู่กริทพอต เกิดการตกตะกอนและสะสมตัวอยู่ภายในกริทพอต ทำให้ความเข้มข้นของแข็งแขวนลอยภายในกริทพอตเพิ่มมากขึ้น โดยประสิทธิภาพในการแยกของแข็งแขวนลอยของการจัดเรียงไฮโดรไซโคลนแบบอนุกรมที่ติดตั้งกริทพอตของการทดลองชุดแรก 75 50 และ 10 มิลลิเมตร ชุดที่สอง 75 และ 50 มิลลิเมตร และชุดที่สาม 50 และ 10 มิลลิเมตร มีค่าสูงสุด เท่ากับ 27.44 19.15 และ 30.86 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งจากการวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้ พบว่า การจัดเรียงไฮโดรไซโคลนแบบอนุกรมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 และ 10 มิลลิเมตร ที่ติดตั้งกริทพอต มีประสิทธิภาพในการแยกของแข็งแขวนลอยมากที่สุด และมีความเหมาะสมมากที่สุดในการนำชุดการจัดเรียงไฮโดรไซโคลนนี้มาใช้งานจริง ทั้งในแง่ประสิทธิภาพและขั้นตอนในการติดตั้งที่มีน้อยกว่าจัดเรียงไฮโดรไซโคลนแบบสามตัวต่ออนุกรมกัน

5.1.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการแยกของแข็งแขวนลอยของการจัดเรียงไฮโดรไซโคลนแบบอนุกรมที่ติดตั้งกริทพอตกับไฮโดรไซโคลนตัวเดียวที่ติดตั้งกริทพอต

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการแยกของแข็งแขวนลอยระหว่างไฮโดรไซโคลนแบบอนุกรมที่ติดตั้งกริทพอตกับไฮโดรไซโคลนตัวเดียวที่ติดตั้งกริทพอต พบว่า มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน แต่เนื่องจากน้ำดิบที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีความเข้มข้นต่ำและมีอนุภาคขนาดเล็ก จึงทำให้สังเกตเห็นประสิทธิภาพของไฮโดรไซโคลนแบบอนุกรมเมื่อเทียบกับไฮโดรไซโคลนตัวเดียวได้ไม่ชัดเจน ดังนั้นถ้าความเข้มข้นของแข็งแขวนลอยที่จ่ายเข้ามีค่าสูงขึ้น น่าจะทำให้มีขนาดอนุภาคใหญ่ขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ประสิทธิภาพของไฮโดรไซโคลนแบบอนุกรมดีขึ้นและดีกว่าไฮโดรไซโคลนแบบตัวเดียว เนื่องจากไฮโดรไซโคลนขนาด 10 มิลลิเมตร ซึ่งมีประสิทธิภาพสูง สามารถทำงานได้มากขึ้น

สำหรับการนำไฮโดรไซโคลนแบบอนุกรมที่ติดตั้งกริทพอตไปใช้งานนั้น เพื่อลดการอุดตันที่อาจเกิดขึ้นในไฮโดรไซโคลนขนาด 10 มิลลิเมตร ได้ ดังนั้นจึงควรใช้ไฮโดรไซโคลนขนาดใหญ่ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 75 และ 50 มิลลิเมตร) และไฮโดรไซโคลนขนาดเล็ก (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร) มาต่ออนุกรมกัน เนื่องจากไฮโดรไซโคลนใหญ่ ช่วยแยกเอาตะกอนของแข็งแขวนลอยขนาดใหญ่ออกไปได้หมด ซึ่งสามารถป้องกันการเกิดการอุดตันในไฮโดรไซโคลนขนาดเล็กได้ ในขณะที่ไฮโดรไซโคลนขนาดเล็กมีประสิทธิภาพในการแยกอนุภาคสูง

5.1.3 มวลของแข็งแขวนลอยที่แยกได้ ปริมาณสลัดจ์และค่าใช้จ่ายที่ลดลง เมื่อติดตั้งไฮโดรไซโคลนแบบอนุกรมที่ติดตั้งกริทพอตเป็นหน่วยบำบัดขั้นต้นในการผลิตน้ำประปา

จากการคำนวณปริมาณสลัดจ์และค่าใช้จ่ายที่ลดลงหลังจากการจำลองการติดตั้งไฮโดรไซโคลนแบบอนุกรมที่ติดตั้งกริทพอตเป็นหน่วยบำบัดขั้นต้นในการผลิตน้ำประปา โดยปริมาณสลัดจ์ที่เกิดขึ้น เกิดจากปริมาณของแข็งแขวนลอยซึ่งก็คือปริมาณมวลของแข็งแขวนลอยที่สามารถแยกได้และปริมาณสารส้มที่เติมลงไป จากการทดลอง พบว่า การจัดเรียงไฮโดรไซโคลนแบบอนุกรมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 และ 10 มิลลิเมตร สามารถลดปริมาณสลัดจ์ได้มากที่สุด คือ 5.85 ตัน/วัน และสามารถลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดสลัดจ์ได้มากที่สุด คือ 55,614 บาท/วัน ทำให้สามารถลดปริมาณการเติมสารเคมีในขั้นตอน Coagulation-Flocculation ในระบบผลิตน้ำประปาให้น้อยลงได้ ส่งผลให้สลัดจ์ที่เกิดจากสารส้มซึ่งเป็นสลัดจ์ที่ทำการกำจัดได้ยากมีปริมาณลดลง อีกทั้งยังสามารถลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดสลัดจ์ที่เกิดขึ้นในระบบผลิตน้ำประปาได้อีกด้วย

5.1.4 พารามิเตอร์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการแยกของแข็งแขวนลอยของการจัดเรียงไฮโดรไซโคลนแบบอนุกรม

พารามิเตอร์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการแยกของแข็งแขวนลอยคือ ความดันจ่ายเข้า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของไฮโดรไซโคลน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทางออกด้านล่างของไฮโดรไซโคลน และเวลาที่ใช้ในกริทพอต กล่าวคือ

การเพิ่มความดันจ่ายเข้าไฮโดรไซโคลน ทำให้แรงหนีศูนย์กลางภายในไฮโดรไซโคลนสูงขึ้น ส่งผลให้มีประสิทธิภาพในการแยกของแข็งแขวนลอยภายในไฮโดรไซโคลนเพิ่มมากขึ้น รวมไปถึงความเข้มข้นของแข็งแขวนลอยที่ถูกแยกออกทางด้านล่าง มวลของแข็งแขวนลอยที่ถูกแยกออกทางด้านล่างสำหรับการจัดเรียงไฮโดรไซโคลนแบบอนุกรมที่ไม่ได้ติดตั้งกริทพอต และมวลของแข็งแขวนลอยที่สะสมอยู่ภายในกริทพอตสำหรับการจัดเรียงไฮโดรไซโคลนแบบอนุกรมที่ติดตั้งกริทพอต

สำหรับไฮโดรไซโคลนแบบอนุกรมที่ไม่ได้ติดตั้งกริทพอต การจัดเรียงไฮโดรไซโคลนแบบอนุกรมที่เรียงลำดับจากไฮโดรไซโคลนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่ไปสู่ไฮโดรไซโคลนเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็ก สามารถป้องกันการเกิดการอุดตันที่จะเกิดขึ้นในไฮโดรไซโคลนเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็กได้ ส่วนไฮโดรไซโคลนแบบอนุกรมที่ติดตั้งกริทพอต การลดขนาดเส้นผ่าน

ศูนย์กลางของไฮโดรไซโคลน ทำให้ความเร็วในแนวสัมผัสภายในไฮโดรไซโคลนและแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางภายในไฮโดรไซโคลนเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการแยกของแข็งแขวนลอยของไฮโดรไซโคลนเพิ่มขึ้น

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้น้ำดิบจริงจากสถานีสูบน้ำดิบสำแล ซึ่งจากผลการทดลองในบทที่ 4 จะเห็นได้ว่า ความเข้มข้นของแข็งแขวนลอยที่จ่ายเข้าไฮโดรไซโคลนมีค่อนข้างต่ำ ทำให้ถึงแม้ว่าเมื่อใช้เวลาในกริทพอตเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นที่สะสมอยู่ในกริทพอตก็ยังมีไม่เต็มกริทพอต ดังนั้นเวลาที่ใช้ในกริทพอตจึงมีผลต่อประสิทธิภาพในการแยกของแข็งแขวนลอยภายในไฮโดรไซโคลนเพียงเล็กน้อย

5.2 ข้อเสนอแนะในงานวิจัย

1. จากการทดลองในงานวิจัยนี้ พบว่า ประสิทธิภาพในการแยกของแข็งแขวนลอยในงานวิจัยนี้มีค่อนข้างต่ำ ดังนั้น ควรเพิ่มความดันที่จ่ายเข้าไฮโดรไซโคลน เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการแยกของแข็งแขวนลอยมากขึ้น

2. จากการทดลองในงานวิจัยนี้ ผู้ทำการวิจัยมีความเห็นว่าควรจะนำไปทดลองใช้กับน้ำที่มีความเข้มข้นมากกว่านี้ เพื่อให้กริทพอตเต็ม จะทำให้เห็นผลที่เกิดขึ้นจากการที่กริทพอตเต็มได้ชัดเจนขึ้น

3. ในการต่อแบบอนุกรมของไฮโดรไซโคลนแบบอนุกรมนั้น อัตราการไหลของน้ำดิบที่ออกจากไฮโดรไซโคลนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ที่ทางออกด้านบนมีปริมาณน้อย จึงควรศึกษาการเพิ่มจำนวนไฮโดรไซโคลนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร โดยต่อแบบขนานเพื่อให้มีอัตราการไหลของน้ำที่ทางออกด้านบนเพิ่มมากขึ้น

4. ในการเติมสารส้มลงในกระบวนการผลิตน้ำประปาต้องพิจารณาหลายพารามิเตอร์ คือ ค่าความขุ่น (turbidity) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ภาวะความเป็นด่าง (alkalinity) ค่าการนำไฟฟ้า (conductivity) มาใช้เป็นข้อมูลในการเติมสารส้ม ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองหาปริมาณความเข้มข้นของแข็งแขวนลอยที่มีอยู่ในน้ำดิบ ความขุ่น และขนาดอนุภาค ซึ่งเป็นแนวทางขั้นต้นในการเติมสารส้มลงไปในกระบวนการผลิตน้ำประปา ดังนั้นผู้ทำวิจัยเห็นว่าหากจะให้ผลการทดลองที่ชัดเจนกว่านี้ ควรทำการทดลองหาพารามิเตอร์อื่นๆ ที่มีผลต่อการเติมสารส้มในระบบด้วย