การปรับปรุงลักษณะการกวนผสมของน้ำเสียในถังปรับเสมอเพื่อเพิ่มศักยภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย

อมลวรรณ ชูดอนหวาย

งานนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมีและสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
พฤษภาคม 2559
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์และคณะกรรมการสอบงานนิพนธ์ ได้พิจารณางานนิพนธ์ของ อมลวรรณ ชูดอนหวาย ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมีและสิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร. ธงชัย ศรีวิริยรัตน์)

คณะกรรมการสอบงานนิพนธ์

.....ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร. ธงชัย ศรีวิริยรัตน์)

เอมม่า อาสนจินดา

.....กรรมการ

(ดร. เอมม่า อาสนจินดา)

ทิพย์สุรีย์ กรบุญรักษา

.....กรรมการ

(ดร. ทิพย์สุรีย์ กรบุญรักษา)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ อนุมัติให้รับงานนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมีและสิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ดร. อาณัติ ดีพัฒนา)

วันที่ 31 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2559

กิตติกรรมประกาศ

งานนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก รองศาสตราจารย์ ดร. ธงชัย ศรีวิริยรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลักและประธานกรรมการในการสอบปากเปล่างานนิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วน และเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอบกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ ดร. เอมม่า อาสนจินดา และดร. ทิพย์สุรีย์ กรบุญรักษา กรรมการการสอบปากเปล่างานนิพนธ์ และผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบ รวมทั้งให้คำแนะนำแก้ไขที่ใช้ในการวิจัยให้มีคุณภาพ ทำให้งานนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ บริษัท บีเอเอสเอฟ (ไทย) จำกัด ในการอนุเคราะห์สถานที่ห้องทดลองและอุปกรณ์ในการทดลองครั้งนี้

ขอขอบคุณ Mr. Bernd Bruno Lutz Voellger ผู้จัดการโรงงาน บริษัท บีเอเอสเอฟ (ไทย) จำกัด โรงงานบางปะกง ในการอนุญาตให้ผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสีย เก็บตัวอย่างน้ำเสีย ให้ใช้สถานที่ เครื่องมือ ให้คำแนะนำและข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยครั้งนี้

คุณค่าและประโยชน์ของงานนิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่ บุพการี บูรพาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน ทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษาและประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

อมลวรรณ ชูดอนหวาย

55920911: สาขาวิชา: วิศวกรรมเคมีและสิ่งแวดล้อม; วศ.ม. (วิศวกรรมเคมีและสิ่งแวดล้อม)
คำสำคัญ: ถังปรับเสมอ/ การกวนผสม/ การสร้างและรวมตะกอน

อมลวรรณ ชูดอนหวาย: การปรับปรุงลักษณะการกวนผสมของน้ำเสียในถังปรับเสมอเพื่อเพิ่มศักยภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย (MIXING CHARACTERISTICS IMPROVEMENT IN EQUALIZATION TANK FOR CAPACITY ENHANCEMENT OF WASTEWATER TREATMENT PLANT) คณะกรรมการคุมงานนิพนธ์: ธงชัย ศรีวิริยรัตน์, Ph.D. 105 หน้า. ปี พ.ศ. 2559.

งานวิจัยนี้เป็นการปรับปรุงลักษณะการกวนผสมของน้ำเสียในถังปรับเสมอ เพื่อเพิ่มศักยภาพของระบบบำบัดน้ำเสียของบริษัท บีเอเอสเอฟ (ไทย) จำกัด ด้วยการติดตั้งจานกระจายอากาศในถังปรับเสมอจำนวน 3 ชุด ตัวอย่างน้ำเสียถูกเก็บในแต่ละตำแหน่งภายในถังปรับเสมอจำนวน 18 ตำแหน่งถูกนำมาวิเคราะห์ค่าพีเอชและซีโอดี เพื่อเปรียบเทียบคุณลักษณะของน้ำเสียก่อนและหลังการปรับปรุงการกวนผสม การทดลองมีการกำหนดรูปแบบการกวนผสมทั้งหมด 7 รูปแบบ ที่เวลาการกวนผสม 0, 4 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ เพื่อศึกษารูปแบบการกวนผสมที่เหมาะสมและเวลาที่ใช้ในการกวนผสมที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ภายหลังการปรับปรุงการกวนผสม รูปแบบการเปิดระบบการกวนผสมที่เหมาะสม คือ รูปแบบที่ 4 เป็นการเปิดระบบการกวนผสมที่ตำแหน่งตรงกลางและตำแหน่งส่วนท้ายของถังปรับเสมอ ซึ่งทำให้ค่าพีเอช และค่าซีโอดีของน้ำเสียก่อนออกจากถังปรับเสมอมีค่าคงที่ และที่เวลาการกวนผสมที่ 4 ชั่วโมง สามารถลดค่าซีโอดีในน้ำเสียได้ 22.9% จากค่าซีโอดีเริ่มต้น นอกจากนั้น เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการใช้สารเคมีในระบบบำบัดสร้างตะกอนและรวมตะกอนที่อยู่ในลำดับถัดจากถังปรับเสมอก่อนและหลังการปรับปรุงการกวนผสมในถังปรับเสมอ พบว่า ภายหลังการปรับปรุงปริมาณการใช้สารส้ม พอลิเมอร์ และโซเดียมไฮดรอกไซด์ลดลง 42.28%, 45.35% และ 56.37% ตามลำดับ จากผลการปรับปรุงการกวนผสมในถังปรับเสมอทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียของบริษัท บีเอเอสเอฟ (ไทย) จำกัด มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น ทั้งยังส่งผลให้ปริมาณการใช้สารเคมีในระบบบำบัดลดลงอีกด้วย

55920911: MAJOR: CHEMICAL AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING;
M.Eng. (CHEMICAL AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING)
KEYWORDS: EQUALIZATION TANK/ MIXING CHARACTERISTICS/ COAGULATION AND FLOCCULATION

AMONWAN CHOODONWAI: (MIXING CHARACTERISTICS IMPROVEMENT IN EQUALIZATION TANK FOR CAPACITY ENCHANCEMENT OF WASTE WATER TREATMENT PLANT), ADVISORY COMMITTEE:TONGCHAI SRIWIRIYARAT, Ph.D. 105 P. 2016.

The objective of research was to improve the mixing charateristics of equalization tank located in the wastewater treatment plant of BASF (Thai) Company Limited for capacity enchancement. Three sets of air diffusers were installed into the equalization tank to improve the mixing of wastewater. Seven different patterns of mixing positions were operated in the studies. The wastewater samples were collected from 18 different locations at three different time at 0, 4 and 8 hours within the equalization tank for pH and Chemical Oxygen Demand (COD) analyses. The results were used to compare the mixing characteristics before and after mixing improvement. The experimental results indicated that the mixing pattern No. 4 that operated the mixing positions provided the approximately constant of pH and COD before flowing to the next treatment process. The best mixing time of 4 hours removed the COD the removal efficiency of 22.9%. Chemical consumptions in the coagulation and flocculation process located next to the equalization tank including aluminium sulphate, sodium hydroxide, and polymer decresed at the rates of 42.28%, 56.37% and 45.35%, respectively. Thus, the mixing improvement resulting from these studies improved the effectiveness of the BASF (Thai) Company Limited wastewater treatment plant and resulted in the reduction of chemical consumptions.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่

1 บทนำ 1

ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ 6

สมมติฐานการทดลอง 7

ขอบเขตงานวิจัย 7

ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา 7

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 8

2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9

น้ำเสียอุตสาหกรรม 9

ถังปรับเสมอ 9

ข้อดีของถังปรับเสมอ 10

ข้อเสียของถังปรับเสมอ 10

ประเภทของถังปรับเสมอ 10

การวิเคราะห์อัตราการไหลของถังปรับเสมอ 11

การกวนผสมในถังปรับเสมอ 12

เครื่องกวน 12

ทฤษฎีของการกวนผสมและความเร็วเกร์เดียน 14

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 16

3 อุปกรณ์ สารเคมีและวิธีการทดลอง 22

ขั้นตอนการออกแบบตำแหน่งเก็บตัวอย่างน้ำเสียในถังปรับเสมอ 22

ขั้นตอนการศึกษาลักษณะน้ำเสียในถังปรับเสมอ 24

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	ขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมในถังปรับเสมอ	24
	ขั้นตอนการศึกษาลักษณะน้ำเสียภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมในถังปรับเสมอ	24
	อุปกรณ์ที่ใช้ในการปรับปรุง	25
	พารามิเตอร์และวิธีการวัด	25
	สถานที่ดำเนินการทดลอง	25
4	ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง	26
	คุณลักษณะของน้ำเสียในถังปรับเสมอก่อนดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมด้วยการติดตั้งจานกระจายอากาศ	26
	ลักษณะการกวนผสมของน้ำเสียในถังปรับเสมอภายหลังการปรับปรุงการกวนผสมด้วยการติดตั้งจานกระจายอากาศ	33
	การทดลองเปิดระบบการกวนผสมรูปแบบที่ 1 เปิดระบบกระจายอากาศตำแหน่งที่ 1 ตำแหน่งที่ 2 และตำแหน่งที่ 3	33
	การทดลองเปิดระบบการกวนผสมรูปแบบที่ 2 เปิดระบบกระจายอากาศตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2	41
	การทดลองเปิดระบบการกวนผสมรูปแบบที่ 3 เปิดระบบกระจายอากาศตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 3	48
	การทดลองเปิดระบบการกวนผสมรูปแบบที่ 4 เปิดระบบกระจายอากาศตำแหน่งที่ 2 และตำแหน่งที่ 3	56
	การทดลองเปิดระบบการกวนผสมรูปแบบที่ 5 เปิดระบบกระจายอากาศตำแหน่งที่ 1	63
	การทดลองเปิดระบบการกวนผสมรูปแบบที่ 6 เปิดระบบกระจายอากาศตำแหน่งที่ 2	71
	การทดลองเปิดระบบการกวนผสมรูปแบบที่ 7 เปิดระบบกระจายอากาศตำแหน่งที่ 3	78
	การพิจารณารูปแบบการกวนผสมที่เหมาะสมเพื่อการนำไปใช้	84

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	ข้อมูลปริมาณการใช้สารเคมีในกระบวนการสร้างและรวมตะกอนหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมด้วยการติดตั้งจานกระจายอากาศ	85
	ข้อมูลปริมาณการใช้สารส้มในกระบวนการสร้างและรวมตะกอนภายหลังการปรับปรุงการกวนผสมในถังปรับเสมอ	85
	ข้อมูลปริมาณการใช้พอลิเมอร์ในกระบวนการสร้างและรวมตะกอนภายหลังการปรับปรุงการกวนผสมในถังปรับเสมอ	86
	ข้อมูลปริมาณการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ เพื่อปรับพีเอชในกระบวนการสร้างและรวมตะกอนภายหลังการปรับปรุงการกวนผสมในถังปรับเสมอ	87
5	สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ	90
	สรุปผลการดำเนินงาน	90
	ข้อเสนอแนะ	91
บรรณานุกรม		92
ภาคผนวก		94
	ภาคผนวก ก	95
	ภาคผนวก ข	97
	ภาคผนวก ค	103
ประวัติย่อของผู้วิจัย		105

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1-1 ปริมาณการใช้สารเคมีในกระบวนการสร้างตะกอนและรวมตะกอนก่อนดำเนินการปรับปรุงลักษณะการกวนผสมในถังปรับเสมอ 3

2-1 ค่าเกณฑ์ออกแบบสำหรับถังกวนเร็วแบบธรรมดา 15

2-2 ค่า K_T สำหรับการออกแบบ Impeller 18

3-1 รูปแบบของการเปิดจานกระจายอากาศ (Diffuser disk) ในถังปรับเสมอ 25

4-1 ค่าพีเอชและค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอก่อนดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม 28

4-2 ค่าพีเอชและค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 1 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1, 2 และ 3 35

4-3 ค่าพีเอชและค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 2 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 และ 2 42

4-4 ค่าพีเอชและค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 3 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 และ 3 49

4-5 ค่าพีเอชและค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 4 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 2 และ 3 57

4-6 ค่าพีเอชและค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 5 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 64

4-7 ค่าพีเอชและค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 6 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 2 72

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4-8 ค่าพีเอชและค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 7 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 3 ---- 79

4-9 ค่าความแปรปรวน (Varince) ของค่าซีโอดีและประสิทธิภาพการกำจัดค่าซีโอดีที่ระยะเวลาการกวนผสม 4 ชั่วโมง ในรูปแบบการกวนผสมทั้ง 7 รูปแบบ ---- 85

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1-1 ปริมาณการใช้สารส้มในกระบวนการสร้างตะกอนและรวมตะกอนก่อนดำเนินการปรับปรุงลักษณะการกวนผสมในถังปรับเสมอ 5

1-2 ปริมาณการใช้พอลิเมอร์ในกระบวนการสร้างตะกอนและรวมตะกอนก่อนดำเนินการปรับปรุงลักษณะการกวนผสมในถังปรับเสมอ 5

1-3 ปริมาณการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ในกระบวนการสร้างตะกอนและรวมตะกอนก่อนดำเนินการปรับปรุงลักษณะการกวนผสมในถังปรับเสมอ 6

2-1 แผนผังแสดง In-line equalization 10

2-2 แผนผังแสดง Off-line equalization 10

2-3 อัตราไหลเข้าสะสมและอัตราไหลออกสะสมเพื่อหาปริมาตรถังปรับเสมอ 12

2-4 เครื่องกวนผสมแบบ Invent hyperclassic mixer 13

2-5 เครื่องกวนผสมแบบ Floating mixer 13

2-6 เครื่องกวนผสมแบบ Plused large bubble mixer 14

2-7 ทิศทางการกวนผสมในถังแบบ Radial flow impeller in baffled tank 15

2-8 ทิศทางการกวนผสมในถังแบบ Axial flow impeller in baffled tank 15

2-9 รูปแบบของใบกวนของเครื่อง Mixing 17

2-10 เครื่องกวนผสมแบบ Solar powered circulation (SPC) 20

2-11 การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการทดลองการกวนผสม 21

3-1 ลักษณะของถังปรับเสมอขนาด 3,000 x 10,000 x 3,800 มิลลิเมตร และทิศทางน้ำเสียที่ไหลเข้าและไหลออก 23

3-2 ตำแหน่งเก็บตัวอย่างน้ำเสียของตัวอย่างที่ 1 ถึง ตัวอย่างที่ 18 ในถังปรับเสมอ 23

3-3 ตำแหน่งการติดตั้งจานกระจายอากาศ (Diffuser disk) ในถังปรับเสมอ 24

4-1 ตำแหน่งการติดตั้งจานกระจายอากาศ (Diffuser disk) ในถังปรับเสมอ 26

4-2 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอก่อนดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม 27

4-3 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอก่อนดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม ที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง 29

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4-4 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอก่อนดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม ที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง 29

4-5 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอก่อนดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม ที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง 30

4-6 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอก่อนดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม 31

4-7 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอก่อนดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม ที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง 32

4-8 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอก่อนดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม ที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง 32

4-9 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอก่อนดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม ที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง 33

4-10 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 1 เปิดระบบกระจายอากาศตำแหน่งที่ 1, 2 และ 3 34

4-11 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 1 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1, 2 และ 3 ที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง 36

4-12 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 1 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1, 2 และ 3 ที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง 37

4-13 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 1 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1, 2 และ 3 ที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง 38

4-14 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 1 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1, 2 และ 3 38

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4-15 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 1 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1, 2 และ 3 ที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง 39

4-16 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 1 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1, 2 และ 3 ที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง 40

4-17 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 1 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1, 2 และ 3 ที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง 41

4-18 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 2 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 และ 2 43

4-19 ภาพแสดงค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 2 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 และ 2 ที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง 43

4-20 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 2 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 และ 2 ที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง 44

4-21 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 2 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 และ 2 ที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง 45

4-22 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 2 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 และ 2 46

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4-23 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 2 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 และ 2 ที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง 47

4-24 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 2 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 และ 2 ที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง 47

4-25 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 2 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 และ 2 ที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง 48

4-26 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 3 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 และ 3 50

4-27 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 3 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 และ 3 ที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง 51

4-28 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 3 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 และ 3 ที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง 52

4-29 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 3 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 และ 3 ที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง 52

4-30 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 3 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 และ 3 53

4-31 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 3 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 และ 3 ที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง 54

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4-32 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 3 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 และ 3 ที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง 54

4-33 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 3 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 และ 3 ที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง 55

4-34 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 4 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 2 และ 3 56

4-35 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 4 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 2 และ 3 ที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง 58

4-36 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 4 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 2 และ 3 ที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง 59

4-37 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 4 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 2 และ 3 ที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง 59

4-38 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 4 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 2 และ 3 60

4-39 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 4 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 2 และ 3 ที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง 61

4-40 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 4 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 2 และ 3 ที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง 62

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4-41 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 4 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 2 และ 3 ที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง 62

4-42 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 5 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 65

4-43 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 5 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 ที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง 66

4-44 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 5 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 ที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง 66

4-45 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 5 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 ที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง 67

4-46 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 5 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 68

4-47 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 5 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 ที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง 69

4-48 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 5 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 ที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง 69

4-49 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 5 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 ที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง 70

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4-50 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 6 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 2 71

4-51 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 6 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 2 ที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง 73

4-52 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 6 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 2 ที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง 73

4-53 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 6 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 2 ที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง 74

4-54 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 6 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 2 75

4-55 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 6 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 2 ที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง 76

4-56 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 6 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 2 ที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง 76

4-57 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 6 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 2 ที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง 77

4-58 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 7 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 3 78

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4-59 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 7 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 3 ที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง 80

4-60 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 7 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 3 ที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง 80

4-61 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 7 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 3 ที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง 81

4-62 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 7 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 3 82

4-63 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 7 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 3 ที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง 83

4-64 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 7 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 3 ที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง 84

4-65 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 7 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 3 ที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง 84

4-66 ปริมาณการใช้สารส้มในแต่ละวันในกระบวนการสร้างและรวมตะกอนหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม 86

4-67 ปริมาณการใช้พอลิเมอร์ในแต่ละวันในกระบวนการสร้างและรวมตะกอนหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม 87

4-68 ปริมาณการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เพื่อปรับพีเอชในแต่ละวันในกระบวนการสร้างและรวมตะกอนหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม 88

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา

การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรในประเทศ ส่งผลให้อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตสารเคมี เพื่อการอุปโภคบริโภคมีการขยายตัวตามไปด้วย เช่น อุตสาหกรรมเคมีในกลุ่มสารลดแรงตึงผิว สารตัวเติมเครื่องสำอาง หรือเคมีภัณฑ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำความสะอาด และการดูแลสุขอนามัยของร่างกาย โดยกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์สำหรับสุขอนามัยร่างกายเหล่านี้ วัตถุดิบหลักส่วนใหญ่ที่ใช้จะได้มาจากธรรมชาติเป็นหลัก เช่น น้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว น้ำมันถั่วเหลือง นำมาทำปฏิกิริยากับสารเคมีอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องภายในถังปฏิกิริยาที่มีการควบคุมอุณหภูมิ ความดัน หรือปัจจัยอื่น ๆ ตามเงื่อนไขการผลิตของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ต้องการ โดยการผลิตมีทั้งที่เป็นการผลิตแบบต่อเนื่อง (Continuous process) และการผลิตแบบกะ (Batch process)

กรณีที่ผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิต มีความแตกต่างกันของสูตรการผลิตมากมายหลากหลายสูตร และปริมาณการผลิตในแต่ครั้งมีปริมาณไม่มากนัก กระบวนการผลิตแบบกะ (Batch process) จึงมีความเหมาะสมที่จะถูกเลือกใช้ อย่างไรก็ตาม การผลิตที่มีความแตกต่างของผลิตภัณฑ์และจำนวนของถังปฏิกิริยา (Reactor) ที่ใช้ในการผลิตมีจำนวนจำกัด กิจกรรมการล้างถังปฏิกิริยาจึงเกิดขึ้น เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์ในแต่ละถังปฏิกิริยา ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากการล้างถังปฏิกิริยาในแต่ละครั้งของการล้างจะมีปริมาณที่แตกต่างกัน ตั้งแต่ปริมาตร 1,000 ลิตร จนถึง 9,000 ลิตร ต่อการล้างในแต่ละครั้ง ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ที่ปนเปื้อนถังปฏิกิริยาว่าสามารถล้างออกได้ยากหรือง่ายเพียงใด รวมถึงระดับความสะอาดของถังปฏิกิริยาที่ต้องการด้วย นอกจากน้ำเสียหลักที่เกิดจากการล้างถังปฏิกิริยาแล้ว ยังมีน้ำเสียที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิต (Vacuum process) โดยน้ำเสียจากกระบวนการนี้จะถูกรวบรวมและส่งกำจัดในเตาเผาอุตสาหกรรมเป็นหลัก เนื่องจากค่าซีโอดีที่มีค่าสูงตั้งแต่ 10,000 มิลลิกรัมต่อลิตร จนถึง 17,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมากกว่าที่ระบบบำบัดเบื้องต้นของโรงงานจะสามารถรองรับได้

น้ำเสียจากฝ่ายผลิตถูกรวบรวมภายในบ่อพักขนาดเล็กที่มีอยู่ในพื้นที่การผลิตและถูกรวบรวมส่งทางเส้นท่อเข้าสู่ระบบบำบัดเบื้องต้นของโรงงาน โดยค่าซีโอดีของน้ำเสียที่ปล่อยออกจากฝ่ายผลิตต้องน้อยกว่า 8,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และไม่ปนเปื้อนสารเคมีที่เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ โดยน้ำเสียจะถูกบำบัดเบื้องต้นเพื่อให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งตามที่การนิคม

อุตสาหกรรมกำหนด ก่อนระบายออกสู่ระบบบำบัดส่วนกลางของนิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร ชลบุรี

การบำบัดเบื้องต้นของโรงงานประกอบด้วยการบำบัดทางกายภาพและชีวภาพ น้ำเสียจากกระบวนการผลิตจะถูกรวบรวมทางท่อเข้าสู่ถังดักไขมัน ก่อนไหลต่อเนื่องตามแรงโน้มถ่วงเข้าสู่ถังปรับเสมอ (Equalization tank) ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าปริมาตร 90 ลูกบาศก์เมตร ด้วยอัตราการไหลและคุณภาพน้ำเสียที่เข้าระบบบำบัดที่ไม่คงที่และไม่ต่อเนื่องในแต่ละช่วงเวลาของวัน ปัจจุบันไม่มีระบบการกวนผสมภายในถังปรับเสมอ มีเพียงปั๊มสูบน้ำเสียออกจากถังปรับเสมอเท่านั้นที่ใช้สำหรับการกวนผสม หลังจากนั้น น้ำเสียจะถูกสูบอย่างต่อเนื่อง ด้วยอัตราเฉลี่ย 2-2.5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เข้าสู่กระบวนการปรับความเป็นกรด-ด่าง และสร้างตะกอนและรวมตะกอนตามลำดับ การปรับความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำเสียใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide) และใช้สารส้มน้ำ (Aluminium sulphate solution) และพอลีเมอร์ (polymer) ในกระบวนการสร้างและรวมตะกอน หลังจากนั้น น้ำใสที่ผ่านการบำบัดทางกายภาพจะถูกส่งเข้าสู่ระบบบำบัดแบบชีวภาพ ซึ่งโรงงานใช้ระบบบำบัดชีวภาพแบบตะกอนเร่ง (Activated sludge) แบบกะ SBR (Sequencing batch reactor) ก่อนปล่อยเข้าสู่ระบบบำบัดกลางของการนิคมอุตสาหกรรมตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งที่กำหนด

น้ำเสียที่เข้าสู่ถังปรับเสมอมีการไหลแบบกะ มีการควบคุมค่าซีโอดีของน้ำเสียที่เข้าสู่ถังปรับเสมอจะต้องน้อยกว่า 8,000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยการออกแบบตั้งต้นเมื่อน้ำทิ้งผ่านกระบวนการบำบัดทางกายภาพและกระบวนการเคมี ค่าซีโอดีของน้ำเสียควรจะลดลง 40-60 % ของค่าซีโอดีของน้ำเข้าเริ่มต้น แต่จากการเดินระบบบำบัดทางกายภาพและทางเคมีในปัจจุบัน พบว่าบางครั้งค่าซีโอดีของน้ำเสียหลังจากผ่านการบำบัดทางกายภาพและเคมีแล้วค่าซีโอดีมีค่าลดลงเพียง 20-30 % ของค่าซีโอดีของน้ำเสียขาเข้าเท่านั้น

ในการเดินระบบบำบัดน้ำเสียของ บริษัท บีเอเอสเอฟ (ไทย) จำกัด นั้นจัดให้มีการเดินระบบ 24 ชั่วโมง โดยเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียจะดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำเสียในถังปรับเสมอ (Equalization tank) จากตำแหน่งทางออกของน้ำเสียก่อนเข้าสู่ขั้นตอนการบำบัดทางเคมีและกายภาพ (Chemical and physical treatments) วันละครั้ง ในช่วงเวลา ประมาณ 03.00 นาฬิกาของทุกวันและดำเนินการทดลองจาร์เทส (Jar test) เพื่อปรับอัตราการเติมสารเคมีในกระบวนการสร้างตะกอน (Coagulation) และรวมตะกอน (Flocculation) ให้เหมาะสมกับคุณภาพน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบโดยการกวนผสมในถังปรับเสมอ (Equalization tank) ที่มีอยู่มีการผสมโดยปั๊มน้ำเสียที่ใช้ในการสูบจากถังปรับเสมอไปสู่กระบวนการบำบัดทางเคมีและกายภาพ (Chemical and physical treatment) เท่านั้น

เมื่อพิจารณาบันทึกปริมาณการใช้สารเคมีที่ถูกใช้ในกระบวนการสร้างตะกอนและรวมตะกอนก่อนที่จะมีการดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมในถังปรับเสมอ พบว่าปริมาณการใช้สารเคมีในแต่ละวันมีปริมาณการใช้ที่ไม่คงที่ ซึ่งบางช่วงเวลามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในตารางที่ 1-1

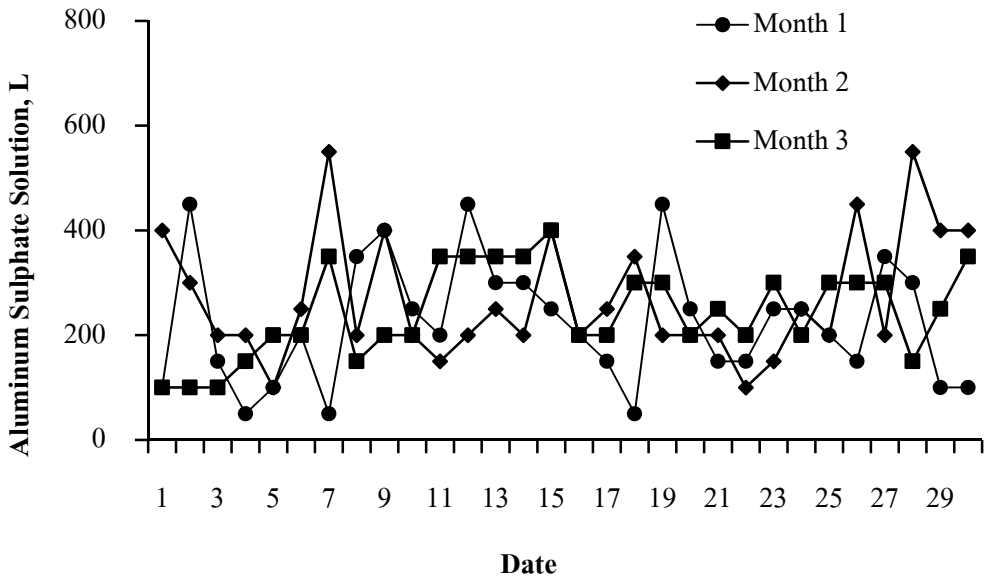
ตารางที่ 1-1 ปริมาณการใช้สารเคมีในกระบวนการสร้างตะกอนและรวมตะกอนก่อนดำเนินการปรับปรุงลักษณะการกวนผสมในถังปรับเสมอ

Date	Alum (L)			Polymer (L)			NaOH (L)		
	Month 1	Month 2	Month 3	Month 1	Month 2	Month 3	Month 1	Month 2	Month 3
1	100	400	100	270	310	290	60	100	30
2	450	300	100	390	140	110	20	20	20
3	150	200	100	350	150	50	60	30	0
4	50	200	150	370	210	220	10	30	0
5	100	100	200	60	120	70	20	40	0
6	200	250	200	160	150	190	10	50	10
7	50	550	350	670	230	280	20	20	20
8	350	200	150	450	180	180	80	20	10
9	400	400	200	420	330	280	50	20	10
10	250	200	200	290	230	180	20	20	0
11	200	150	350	250	200	320	70	10	10
12	450	200	350	380	210	100	30	40	0
13	300	250	350	570	300	400	60	60	50
14	300	200	350	680	200	180	60	10	70
15	250	400	400	680	250	390	60	50	90
16	200	200	200	690	150	140	30	20	0
17	150	250	200	640	100	390	20	30	20
18	50	350	300	600	250	190	40	30	10

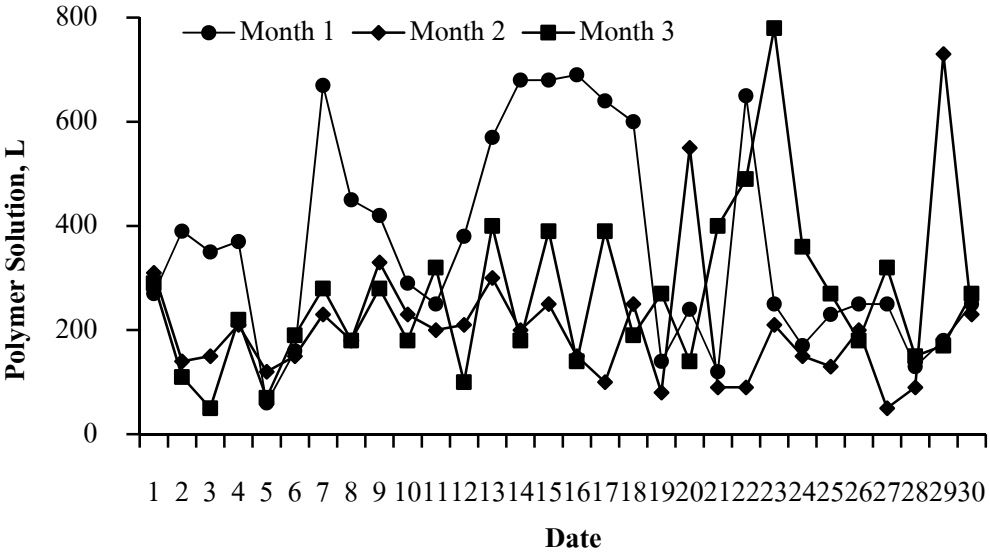
ตารางที่ 1-1 (ต่อ)

Date	Alum (L)			Polymer (L)			NaOH (L)		
	Month 1	Month 2	Month 3	Month 1	Month 2	Month 3	Month 1	Month 2	Month 3
19	450	200	300	140	80	270	30	50	20
20	250	200	200	240	550	140	20	50	30
21	150	200	250	120	90	400	30	40	50
22	150	100	200	650	90	490	30	40	70
23	250	150	300	250	210	780	50	30	60
24	250	250	200	170	150	360	70	20	30
25	200	200	300	230	130	270	20	70	20
26	150	450	300	250	200	180	50	90	40
27	350	200	300	250	50	320	50	60	10
28	300	550	150	130	90	150	70	70	10
29	100	400	250	180	730	170	20	40	30
30	100	400	350	250	230	270	20	70	50

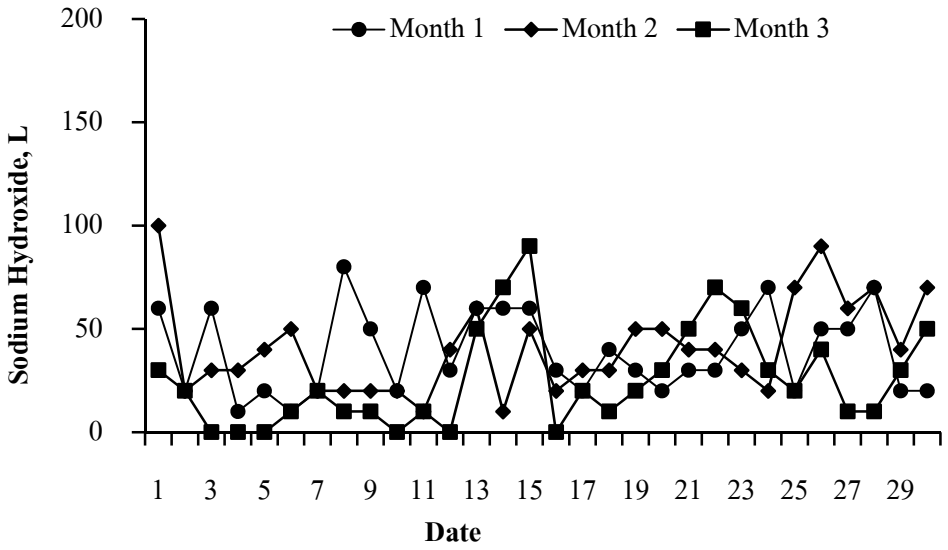
จากข้อมูลปริมาณการใช้สารเคมีในระบบบำบัดสร้างตะกอนและรวมตะกอน เมื่อนำไปเขียนกราฟจะได้กราฟตามภาพที่ 1-1, ภาพที่ 1-2 และภาพที่ 1-3 ของสารส้มน้ำ พอลิเมอร์ และโซเดียมไฮดรอกไซด์ ตามลำดับ จากกราฟแสดงให้เห็นว่าปริมาณการใช้สารเคมีในแต่ละวันมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณการใช้อย่างมีนัยสำคัญ



ภาพที่ 1-1 ปริมาณการใช้สารส้มในกระบวนการสร้างตะกอนและรวมตะกอน ก่อนดำเนินการปรับปรุงลักษณะการกวนผสมในถังปรับเสมอ



ภาพที่ 1-2 ปริมาณการใช้พอลิเมอร์ในกระบวนการสร้างตะกอนและรวมตะกอนก่อนดำเนินการปรับปรุงลักษณะการกวนผสมในถังปรับเสมอ



ภาพที่ 1-3 ปริมาณการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ ในกระบวนการสร้างตะกอนและรวมตะกอน ก่อนดำเนินการปรับปรุงลักษณะการกวนผสมในถังปรับเสมอ

งานวิจัยนี้ได้ให้ความสนใจในการปรับปรุงลักษณะการกวนผสมของน้ำเสียในถังปรับเสมอเพื่อเพิ่มศักยภาพของระบบบำบัดน้ำเสียและลดอัตราการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำเสีย รวมถึงอัตราการไหลของน้ำที่เข้าสู่ถังปรับเสมอในแต่ละช่วงเวลา ให้คงที่มากขึ้น และเพื่อให้ปริมาณการใช้เคมีในกระบวนการสร้างตะกอนและรวมตะกอนถูกใช้ในปริมาณที่เหมาะสม และมีประสิทธิภาพตลอดทุกช่วงเวลา อีกทั้งทำให้กระบวนการบำบัดในลำดับต่อไปสามารถบำบัดได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งผลการศึกษานี้จะนำไปใช้ในการควบคุมและจัดการกระบวนการบำบัดน้ำเสียของโรงงานต่อไป

วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้เป็นการปรับปรุงลักษณะการกวนผสมของน้ำเสียในถังปรับเสมอ เพื่อลดความแตกต่างของคุณภาพน้ำเสีย ที่เข้าสู่ถังปรับเสมอในช่วงเวลาต่าง ๆ ให้มีความแปรปรวนลดลง โดยการปรับปรุงลักษณะการกวนผสมในถังปรับเสมอมีวัตถุประสงค์จำเพาะ ดังนี้

1. เพื่อศึกษารูปแบบของการปิด-เปิด ระบบการกวนผสมที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ
2. เพื่อศึกษาระยะเวลาของการกวนผสมในถังปรับเสมอที่เหมาะสมที่สามารถลดความแปรปรวนของค่าพีเอชและซีโอดีในน้ำเสีย

3. ศึกษาผลจากการกวนผสมในถังปรับเสมอที่ดีที่มีต่อปริมาณการใช้สารเคมีในระบบบำบัดสร้างตะกอนและรวมตะกอนเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง

สมมติฐานการทดลอง

1. การกวนผสมของน้ำเสียที่เหมาะสม เป็นเนื้อเดียวกัน สามารถลดความแปรปรวนของคุณภาพน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบบำบัดได้ ทำให้ศักยภาพของระบบบำบัดน้ำเสียในลำดับขั้นถัดไป เพิ่มสูงขึ้น

2. รูปแบบการกวนผสมของน้ำเสียที่เหมาะสม สามารถลดความแปรปรวนของคุณภาพน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดได้และทำให้ศักยภาพของระบบบำบัดน้ำเสียเพิ่มสูงขึ้น

3. ระยะเวลาที่ใช้ในการกวนผสมที่แตกต่างกัน มีผลต่อศักยภาพการทำงานของถังปรับเสมอ

4. การกวนผสมของน้ำเสียที่ดีในถังปรับเสมอส่งผลต่อปริมาณการใช้สารเคมีในกระบวนการสร้างตะกอนและรวมตะกอน

ขอบเขตงานวิจัย

1. การปรับปรุงการกวนผสมของน้ำเสีย ดำเนินการที่ ถังปรับเสมอ (Equalization tank) ของบริษัท บีเอเอสเอฟ (ไทย) จำกัด โรงงานบางปะกง

2. การปฏิบัติการและทดสอบต่าง ๆ กระทำในห้องปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ของบริษัท บีเอเอสเอฟ (ไทย) จำกัด โรงงานบางปะกง

3. ตัวอย่างน้ำเสียถูกเก็บจาก บริษัท บีเอเอสเอฟ (ไทย) จำกัด

ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

เพื่อเป็นการเปรียบเทียบความแปรปรวนของคุณภาพน้ำเสีย ในถังปรับเสมอ (Equalization tank) ที่เนื่องมาจากการกวนผสมก่อนและหลังการปรับปรุงการกวนผสม เป็นดังนี้

1. ตัวแปรอิสระ (Independent variables) ได้แก่ รูปแบบของการกวนผสมในถังปรับเสมอ (Equalization tank) ภายหลังที่มีการปรับปรุงการกวนผสมและระยะเวลาที่ใช้ในการกวนผสม

2. ตัวแปรตาม (Dependent variables) ได้แก่ ค่าซีโอดีและค่าพีเอชในถังปรับเสมอในตำแหน่งต่าง ๆ ในถังปรับเสมอและปริมาณการใช้สารเคมีในกระบวนการสร้างตะกอนและรวมตะกอน

3. ตัวแปรควบคุม (Controlled variables) ได้แก่ ขนาดของถังปรับเสมอ และกำลังของเครื่องเป่าอากาศ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. การกวนผสมอย่างดีของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัด ส่งผลให้เพิ่มศักยภาพของการบำบัดน้ำเสีย ที่มีอัตราการไหลแบบกะให้สูงขึ้น

2. ลดสภาวะการเกิดช็อคโหลดและความผันผวนของคุณภาพน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัด

3. รูปแบบการกวนผสมน้ำเสียและเวลาที่เหมาะสมสามารถเพิ่มความสามารถในการบำบัดน้ำเสียได้ (Capacity enhancement)

4. ควบคุมปริมาณการใช้สารเคมีสำหรับกระบวนการสร้างตะกอนและรวมตะกอนให้คงที่ และเกิดประสิทธิผลมากที่สุด

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้เป็นการปรับปรุงลักษณะการกวนผสมของน้ำเสียในถังปรับเสมอเพื่อเพิ่มศักยภาพของระบบบำบัดน้ำเสียของน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตและการล้างถังปฏิกิริยาของบริษัท บีเอเอสเอฟ (ไทย) จำกัด

น้ำเสียอุตสาหกรรม (Industrial wastewater)

น้ำเสียอุตสาหกรรมเป็นน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนสิ่งสกปรกแตกต่างกันขึ้นอยู่กับประเภทของอุตสาหกรรม วัตถุดิบที่ใช้และกระบวนการผลิต โดยปกตินำ้เสียอุตสาหกรรมนั้นเป็นน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการล้างวัตถุดิบ การล้างเครื่องจักรอุปกรณ์ กระบวนการผลิต กระบวนการหล่อเย็น และน้ำเสียจากกิจกรรมต่าง ๆ ของพนักงานในโรงงาน เช่น สำนักงาน อาคารที่พักอาศัย และโรงอาหาร เป็นต้น

ถังปรับเสมอ (Equalization tank)

ถังปรับเสมอ มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อปรับอัตราการไหลของน้ำเสียที่เปลี่ยนแปลงหรือไม่คงที่ ทั้งอัตราการไหล (Flow rate) ความเข้มข้นของมลพิษ (Pollutant concentration) และคุณสมบัติของน้ำเสีย (Characteristics) ให้ออกจากถังปรับเสมอในอัตราการไหลและคุณลักษณะที่คงที่ เพื่อทำให้กระบวนการในลำดับต่อไป เช่น ถังตกตะกอนเบื้องต้น หรือถังเติมอากาศในระบบเอเอสทำงานได้สะดวกและมีประสิทธิภาพ ดังนั้น องค์ประกอบที่สำคัญมากที่ขาดไม่ได้ของถังปรับเสมอ คือ ต้องมีเครื่องสูบน้ำออกจากถัง โดยปรับอัตราการสูบน้ำเสียออกจากถังให้คงที่ กรณีถังปรับเสมอที่มีน้ำเสียที่มีคุณสมบัติน้ำเสียเปลี่ยนแปลงได้ง่าย ควรจัดหาเครื่องกวนเพื่อทำหน้าที่กวนและปรับสภาพน้ำในถังให้มีคุณสมบัติเท่ากันด้วย หากน้ำเสียเป็นประเภทสารอินทรีย์ควรมีเครื่องเติมอากาศในถังปรับเสมอเพื่อทำหน้าที่กวนน้ำและเติมอากาศลงในถังนี้ด้วย เพื่อป้องกันสภาวะไม่ใช้อากาศที่อาจเกิดขึ้นในถังและทำให้เกิดกลิ่นเหม็นได้

1. ข้อดีของถังปรับเสมอ

1.1 ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดของระบบบำบัดที่อยู่ต่อจากถังปรับเสมอให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น รวมถึงลดค่าใช้จ่ายในการบำบัด

1.2 ระบบบำบัดชีวภาพมีประสิทธิภาพสูงมากขึ้น เนื่องจากถังปรับเสมอจะช่วยลดโอกาสของการเกิดสภาวะช๊อคโหลด ทั้งเนื่องจากอัตราการไหล (Flow rate) และมลพิษ (Pollution load)

1.3 ประสิทธิภาพของการตกตะกอนเพิ่มมากขึ้นและยังลดความต้องการของพื้นที่ผิวในการตกตะกอนลงอีกด้วย

2. ข้อเสียของถังปรับเสมอ

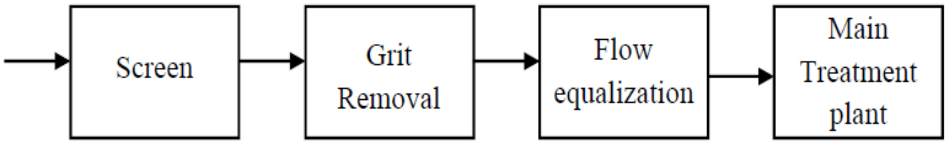
2.1 ต้องการพื้นที่ขนาดใหญ่

2.2 เพิ่มการลงทุน และค่าดำเนินการ

2.3 อาจมีปัญหาเรื่อง กลิ่น

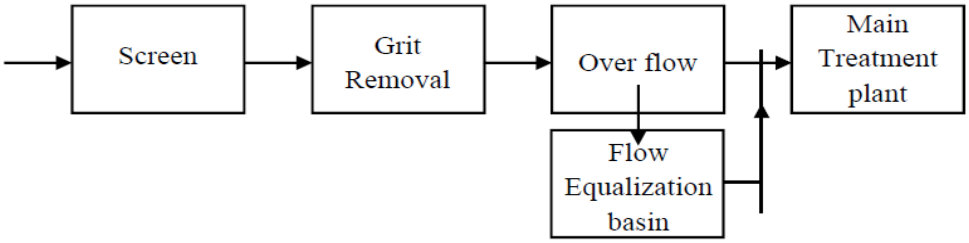
3. ประเภทของถังปรับเสมอ (Type of equalization)

3.1 In-line equalization ถังปรับเสมอประเภทนี้น้ำเสียจะไหลผ่านถังปรับเสมอเพื่อช่วยลดความแปรปรวนของอัตราการไหลและความเข้มข้นของมลพิษในน้ำทิ้งก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดหลัก ดังภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2-1 แผนผังแสดง In-line equalization

3.2 Off-line equalization ถังปรับเสมอประเภทนี้จะถูกใช้งานในกรณีน้ำเสีย มีปริมาณมากกว่าปกติ จึงมีการไหลล้นเข้าสู่ถังปรับเสมอ เพื่อลดภาระของปั๊มที่จะเข้าสู่ระบบบำบัดหลักได้ดังภาพที่ 2-2

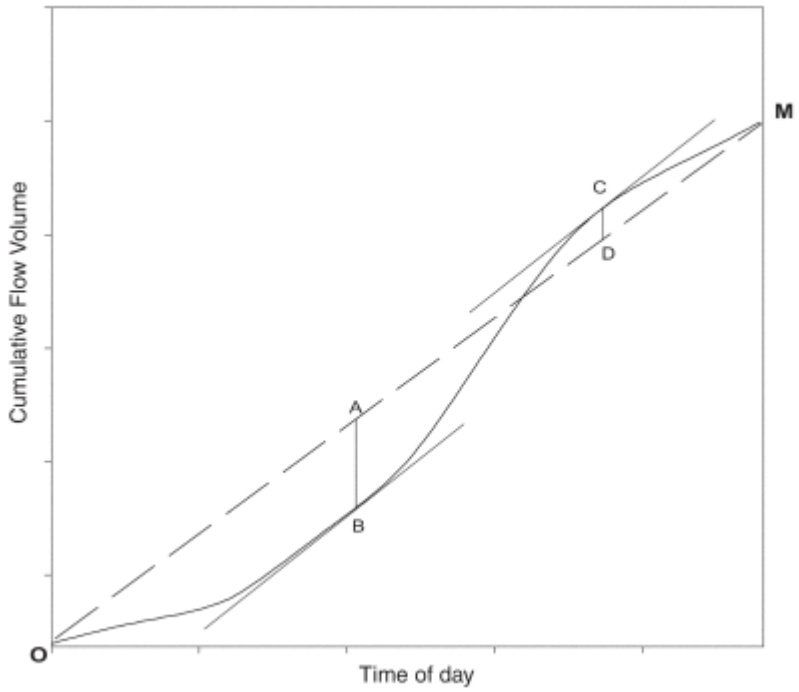


ภาพที่ 2-2 แผนผังแสดง Off-line equalization

การวิเคราะห์อัตราการไหลของถังปรับเสมอ (Flow equalization)

ถังปรับเสมอ มีหน้าที่ปรับอัตราการไหลเข้าระบบบำบัดน้ำเสียให้สม่ำเสมอ โดยใช้เครื่องสูบน้ำ ดังนั้น ขนาดความจุปริมาณน้ำในถังปรับเสมอจะต้องมีขนาดที่เหมาะสมไม่เล็กหรือใหญ่เกินความจำเป็น โดยที่เครื่องสูบน้ำสามารถสูบจ่ายน้ำเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย ทั้งนี้ น้ำในถังปรับเสมอต้องไม่แห้งหรือล้นถัง เมื่อทราบปริมาณน้ำไหลเข้า-ออกจากถังปรับเสมอแล้ว สามารถนำมาคำนวณหาขนาดของถังปรับเสมอที่เหมาะสมได้ โดยหาผลต่างระหว่างปริมาณน้ำเสียสะสมเข้าระบบและปริมาณน้ำเสียที่ออกจากระบบสะสมในแต่ละช่วงเวลา แล้วนำไปสร้างกราฟ ดังแสดงในภาพที่ 2-3 การตรวจสอบปริมาตรต่ำสุดของถังปรับเสมอของระบบบำบัดน้ำเสียทำโดยลากเส้นสัมผัสกราฟของปริมาณน้ำไหลเข้าสะสมที่จุดสัมผัสสูงสุด (จุด a) และจุดสัมผัสต่ำสุด (จุด b) แล้วลากเส้นตรงจากจุด a ไปยังจุด c ผลต่างของปริมาณน้ำสะสมที่จุด a-c นั่นหมายถึง ปริมาตรต่ำสุดของถังปรับเสมอของระบบบำบัดน้ำเสีย

โดยปกติอัตราการไหลของน้ำเสียที่ไหลเข้าสู่ถังปรับเสมอจะไม่สม่ำเสมอในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งการปรับอัตราการไหลเข้าให้สม่ำเสมอจะทำให้การเดินระบบบำบัดน้ำเสียเข้าระบบได้สม่ำเสมอ ในทำนองเดียวกัน ลักษณะของน้ำเสียในแต่ละช่วงเวลาจะมีค่าไม่เท่ากัน จึงควรเก็บตัวอย่างน้ำเสียด้วยวิธีเก็บตัวอย่างแบบผสมรวมเพื่อให้ได้ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนที่แท้จริงและจำเป็นต้องเก็บตัวอย่างตลอดวัน ซึ่งอาจจะกระทำได้โดยใช้เครื่องมืออัตโนมัติสำหรับเก็บตัวอย่าง หรือโดยใช้วิธีการเก็บตัวอย่างแบบจ้วงในเวลาต่าง ๆ ตลอดวัน และน้ำตัวอย่างทั้งหมดมาผสมกันตามอัตราส่วนปริมาณน้ำแต่ละช่วงเพื่อให้เป็นตัวแทนน้ำทั้งหมด เรียกการเก็บตัวอย่างแบบนี้ว่า การเก็บตัวอย่างแบบผสม (Composite sample)



ภาพที่ 2-3 อัตราการไหลเข้าสะสมและอัตราการไหลออกสะสมเพื่อหาปริมาตรถังปรับเสมอ (Goel et al., 2005)

การกวนผสมในถังปรับเสมอ (Mixing requirement for equalization tanks)

ความต้องการการกวนผสมในถังปรับเสมอ เพื่อให้เกิดการปรับเสมอที่มีประสิทธิภาพ ป้องกันการตกตะกอนของของแข็งในน้ำเสีย ลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของสารประกอบในน้ำเสีย ลดค่าบีโอดี โดยการเติมอากาศ (แล้วแต่กรณี) ซึ่งวิธีการกวนผสมในถังปรับเสมอ ที่สามารถเลือกใช้ เช่น การใช้ใบพัด (Turbine mixing) การเติมอากาศ (Diffused air aeration) หรือ การเติมอากาศเชิงกล (Mechanical aeration)

1. เครื่องกวน (Mixer)

เครื่องกวนทำหน้าที่กวนผสมสารเคมีในถังเก็บสารเคมีหรือกวนผสมสารเคมีกับน้ำเสียเพื่อให้สารเคมีและน้ำเสียทำปฏิกิริยากัน เกิดการรวมตัวของตะกอนและตกตะกอน ซึ่งเครื่องกวนมีหลายแบบหลายประเภท สามารถเลือกใช้งานได้ตามความต้องการและเหมาะสม โดยเครื่องกวนสามารถแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ได้ดังนี้

1.1 Hydraulic mixing devices เช่น venturi sections, hydraulic jumps, parshall flume, weirs , baffled mixing chambers และ pump and nozzles

1.2 Mechanical mixing devices เช่น Propeller mixer, turbine mixer และ paddle mixer

1.3 Pneumatic mixers เช่น air diffusers, draft tubes

ตัวอย่างเครื่องกวนแบบต่าง ๆ ดังแสดงในภาพที่ 2-4 ถึง ภาพที่ 2-6

ภาพที่ 2-4 เครื่องกวนผสมแบบ Invent hyperclassic mixer

(Triple Three India Energy Solution Ltd., 2016)

ภาพที่ 2-5 เครื่องกวนผสมแบบ Floating mixer (Aqua-Aerobic Systems,Inc., 2016)

ภาพที่ 2-6 เครื่องกวนผสมแบบ Plused large bubble mixer (EnviroMix, 2016)

ทฤษฎีของการกวนผสม และความเร็วเกร์เดียน (Mixing theory-velocity gradient)

พารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบ

1. ความเร็วเกรเดียนท์ (Velocity gradient) “G” หมายถึง ความปั่นป่วนของน้ำ ซึ่งน้ำในถังกวนเร็วจะต้องมีระดับความปั่นป่วนสูง การคำนวณค่า G เป็นดังสมการที่ 2-1

$$G = \left(\frac{P}{\mu V} \right)^{0.5} \qquad (2\text{-}1)$$

G = ระดับความปั่นป่วน (s^{-1})

P = พลังงานที่สร้างความปั่นป่วน (lb.ft/s)

μ = ความหนืดของน้ำ ($lb.s/ft^2$)

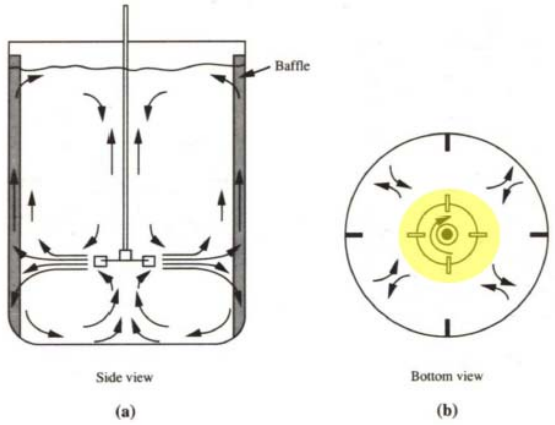
V = ปริมาตรน้ำในถัง (ft^3)

2. เวลาผสมหรือเวลากักน้ำ (T) หมายถึง ระยะเวลาสัมผัสระหว่างสารส้มกับความขุ่นส่วนใหญ่น้อยกว่า 1 นาที

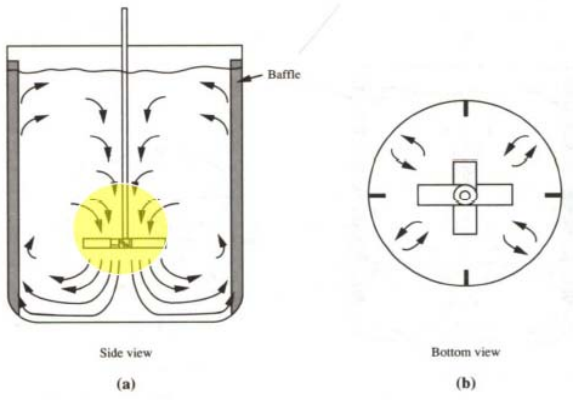
สำหรับตัวอย่างเกณฑ์ในการออกแบบถังกวนเร็วแบบธรรมดาแสดงดังตารางที่ 2-1 ส่วนทิศทางของการกวนผสมภายในถังกวนเร็วแบบ Radial-flow impeller in a baffled tank แสดงดังภาพที่ 2-7 และทิศทางของการกวนผสมภายในถังกวนเร็วแบบ แบบ Axial-flow impeller in a baffled tank แสดงดังภาพที่ 2-8

ตารางที่ 2-1 ค่าเกณฑ์ออกแบบสำหรับถังกวนเร็วแบบธรรมดา

T (s)	20	30	40	>40
G (s^{-1})	1,000	900	790	700



ภาพที่ 2-7 ทิศทางการกวนผสมในถังแบบ Radial-flow impeller in a baffled tank (Feng, 2014)

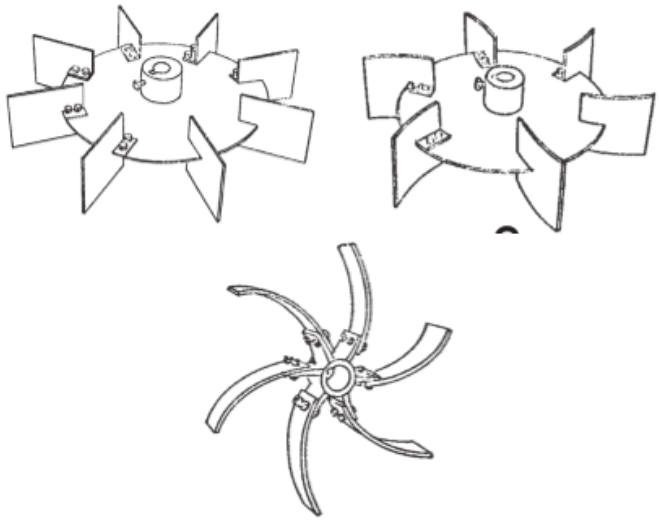


ภาพที่ 2-8 ทิศทางการกวนผสมในถังแบบ Axial-flow impeller in a baffled tank (Feng, 2014)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อัตราการไหลของการปรับเสมอ (Flow equalization) และความเป็นกลางทางเคมี (Chemical neutralization) เป็น 2 องค์ประกอบสำคัญของการบำบัดน้ำเสีย (Goel et al., 2005) โดยอัตราการไหลของการปรับเสมอ มีความจำเป็นอย่างมากสำหรับการบำบัดน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียอุตสาหกรรมที่มีความแปรปรวนของอัตราการไหลและคุณภาพของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัด โดยปกติอัตราการไหลของการปรับเสมอถูกใช้งานเพื่อลดความแปรปรวนของคุณภาพน้ำเสียและอัตราการไหลของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดก่อนที่น้ำเสียจะถูกส่งเข้าบำบัดในลำดับถัดไปของระบบบำบัดที่ได้ออกแบบไว้ นอกจากนั้น ถังปรับเสมอมักนำมาใช้งานในหลาย ๆ วัตถุประสงค์ เช่น ไว้รวบรวมน้ำเสีย ในกรณีที่น้ำเสียมีปริมาณน้อย ๆ หรือใช้เพื่อรับน้ำเสีย เข้าสู่ระบบบำบัดถัดไปอย่างต่อเนื่อง และเพื่อให้น้ำเสียที่ออกจากถังปรับเสมอมีคุณลักษณะที่เหมือนกัน

ความต้องการการกวนผสม และการเติมอากาศในถังปรับเสมอ (Mixing and aeration requirement) อุปกรณ์สำหรับการกวนผสมมักถูกติดตั้งในถังปรับเสมอ (Chemical neutralization, Goel et al., 2005) เพื่อทำให้น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัด ถูกกวนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneity) ซึ่งวิธีการกวนผสม หมายรวมถึงการเติมอากาศในถังปรับเสมอด้วย โดยทั่วไปอุปกรณ์การกวนผสมที่ถูกใช้งานมีทั้งแบบใบพัดที่หมุนรอบแกน Axial mixer และ Radial mixer ซึ่งแบบแรกจะถูกนำไปใช้งานในอุตสาหกรรมมากกว่า อุปกรณ์การกวนผสมแบบใบพัดหมุนรอบแกนยังสามารถแบ่งออกได้อีกหลายชนิด แต่ที่นิยมใช้กันมากคือ Propeller mixer และ Turbine mixer (ภาพที่ 2-9) โดยเครื่องกวนผสมแบบใบพัดจะถูกเลือกใช้เป็นลำดับต้น ๆ เมื่อต้องการให้มีการกวนผสมอย่างรวดเร็ว ขนาดของเครื่องกวนผสมที่เลือกใช้ส่วนมากอยู่ในช่วง 0.37–2.24 กิโลวัตต์ อย่างไรก็ตามในหลาย ๆ อุตสาหกรรมมักจะกำหนดขนาดไว้ที่ 0.75 กิโลวัตต์ และขนาดความยาวของใบพัดมากที่สุดไม่เกิน 1.83 เมตร และปริมาตรน้ำสูงสุดเมื่อใช้เครื่องกวนผสมแบบ Propeller mixer แนะนำที่ 3.785 ลูกบาศก์เมตร โดยใบพัดควรทำมุม 15 องศากับแนวตั้ง ความเร็วในการกวนควรอยู่ที่ 1,750 รอบต่อนาที



ภาพที่ 2-9 รูปแบบของใบกวนของเครื่อง Mixing (Goel et al., 2005)

การออกแบบการกวนผสมในงานวิจัย อ้างถึงความต้องการพลังงาน (Power requirement) โดยระบุว่าการกวนผสมที่ดีนั้น สารที่ทำการกวนผสมควรต้องเข้ากันเป็นเนื้อเดียว ซึ่งการกวนผสมเพื่อให้ได้ความเป็นเนื้อเดียวกันนั้นต้องการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent flow) คือสภาวะที่ต้องการสำหรับการออกแบบการกวนผสม โดยการพิจารณาจากเลขเรย์โนลด์นัมเบอร์ (Reynolds number) ที่มีค่ามากกว่า 10^5 ซึ่งสามารถใช้สูตรในการคำนวณหาค่าพลังงานที่ต้องการใช้ดังสมการที่ 2-2

$$P = pK_T n^3 D^5 \qquad (2\text{-}2)$$

เมื่อ

P = พลังงานที่ต้องการ (นิวตัน-เมตรต่อวินาที)

p = ความหนาแน่นของของเหลว (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

K_T = ค่าคงที่ที่ขึ้นกับขนาดและรูปร่างใบกวน

n = รอบการหมุนของใบกวนต่อวินาที

D = เส้นผ่านศูนย์กลางของใบกวน เมตร

สำหรับ ค่า K_T นั้นแสดงดังตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 ค่า K_T สำหรับการออกแบบ Impeller (Goel et al., 2005)

Values of K_T for Impeller Design

Impeller type	K_T
Propeller (square pitch, three blades)	0.32
Propeller (pitch of two, three blades)	1.0
Turbine (six flat blades)	6.30
Turbine (six curved blades)	4.80
Turbine (six arrowhead blades)	4.00
Fan Turbine (six blades)	1.65
Flat paddle (two blades)	1.70
Shrouded turbine (six curved blades)	1.08
Shrouded turbine (with stator, no baffles)	1.12

ค่าความเร็วเกร์เดียน (Velocity radient, G) ถูกใช้อธิบายความหนาแน่นของของผสมในถัง ซึ่งค่าความเร็วเกร์เดียนจะมีความสัมพันธ์กับค่าพลังงานที่ใช้ โดยปกติค่าความเร็วเกร์เดียน G สำหรับการกวนเร็วจะอยู่ในช่วง 500 ถึง 1,500 ต่อวินาที ซึ่งสามารถคำนวณหาค่าความเร็วเกร์เดียน G ได้จากสมการที่ 2-3

$$G = (P/Vu)^{1/2} \qquad (2\text{-}3)$$

เมื่อ

V = ปริมาตรของถังกวน (ลูกบาศก์เมตร)

U = ความเร็วสัมพัทธ์ของของเหลว (นิวตัน-วินาทีต่อตารางเมตร)

เพื่อให้มั่นใจว่าการกวนผสมเป็นไปอย่างเหมาะสม ขนาดของถังกวนควรมีค่า Detention time, t_d อยู่ในช่วง 5-30 วินาที สำหรับการกวนเร็ว และผลคูณของความเร็วเกร์เดียนกับ Detention time, t_d อย่างน้อย 2,500 โดยใช้สมการที่ 2-4

$$G \times t_d = \left(\frac{P}{V\mu}\right)^{\frac{1}{2}} \times \frac{V}{Q} = \frac{1}{Q}\left(\frac{PV}{\mu}\right)^{\frac{1}{2}} \qquad (2\text{-}4)$$

นอกจากนั้นการประยุกต์ใช้ เครื่องกวนผสมทางกล (Mechanical mixing) ร่วมกับการเติมอากาศในระบบบำบัดแบบตะกอนเร่ง (Activated sludge) สามารถลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการของระบบบำบัดน้ำเสียลงได้ (Hudnell et al., 2015) โดยควบคุมการเติมอากาศในระบบบำบัดเพื่อรักษาค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ในระดับที่ระบบบำบัดต้องการต่ำสุด แล้วใช้เครื่องกวนทางกลทำการผสมน้ำเสียเข้าร่วม นอกจากค่าดำเนินการในการบำบัดน้ำเสียจะลดลงแล้ว ค่าความเข้มข้น

ของไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัดก็ลดลง ถึง 69% เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำเสียขาเข้าระบบบำบัด

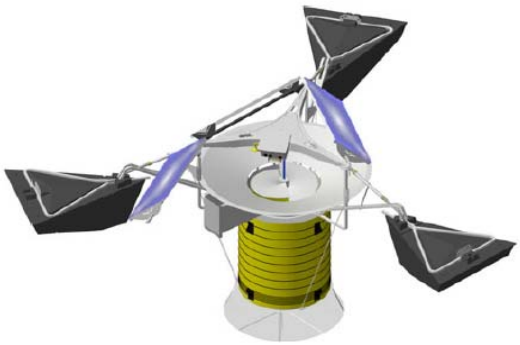
ได้มีการทดลอง การเติมอากาศในระบบบำบัดน้ำเสีย แบบ Airlift oxidation ditch เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบบำบัดเปรียบเทียบกับ ระบบบำบัดแบบ Conventional oxidation ditch ซึ่งพบว่า การกวนผสมของน้ำทิ้งและประสิทธิภาพของการกำจัดซีโอดี แอมโมเนียม และไนโตรเจนทั้งหมดน้ำทิ้งที่เข้าระบบบำบัดแบบ Airlift oxidation ditch (AOD) ที่มีการติดตั้งระบบเติมอากาศแบบใต้น้ำโดยใช้ Bubble diffuser ในการเติมอากาศ สามารถบำบัดน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดด้วยระยะเวลา 6.5-8.5 ชั่วโมง ของ HRT โดยคุณภาพน้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัดสามารถระบายออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะได้ตามข้อกำหนดการปล่อยน้ำทิ้งของประเทศจีน (Pang et al., 2009) และเมื่อทำการเปรียบเทียบกับระบบบำบัดแบบ Conventional oxidation ditch ความต้องการในการใช้พื้นที่และพลังงานลดลงถึง 25%-50% เนื่องจากความต้องการของอัตราการไหลและความเร็วของน้ำทิ้งในระบบบำบัดที่ไม่ทำให้ของแข็งตกตะกอนในระบบบำบัดมีค่าน้อย จึงสามารถลดการใช้พลังงานและพื้นที่ของระบบบำบัดลงได้

การใช้การเติมอากาศเพื่อช่วยในการกวนผสมของน้ำทิ้งในระบบบำบัดยังถูกประยุกต์ใช้ในระบบบำบัดแบบ Muti-zone bioCAST teachnology (Yerushalmi et al., 2012) พบว่า การกวนผสมของน้ำเสียในส่วนต่าง ๆ ของถังปฏิกิริยาทั้ง aerobic, anoxic และ microaeropholic มีการกวนผสมของน้ำเสียทั้งสามส่วนเข้ากันได้อย่างทั่วถึง โดยขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดและอัตราการไหลของอากาศที่ใช้ในการกวนผสม นอกจากนั้น การกวนผสมที่ทั่วถึงโดยการเพิ่มอัตราการไหลของอากาศที่ใช้ในการกวนผสม ยังสามารถลด ค่า Hydraulic retention time (HRT) ลงอีกด้วย นอกจากนั้น ยังมีการศึกษาเปรียบเทียบการกวนผสมของน้ำเสียในส่วนของ anaerobic, aerobic และ anoxic ในถัง bioreactor ด้วยวิธีการกวนผสมทางกล กับการใช้ ultrasound ในการกวนผสม (Rezaee et al., 2015) พบว่า การเข้ากันของน้ำเสียทั้งสามส่วนในถังปฏิกิริยาสามารถเข้ากันได้อย่างดี แต่การใช้ ultrasound ในการกวนผสมยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียอีกด้วย ทั้งการกำจัดซีโอดี ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด

ในส่วนการศึกษาผลกระทบของระยะเวลาการกวนผสมในระบบการย่อยสลายของแบคทีเรียที่ไม่ใช้อากาศของน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มและน้ำเสียจากยางก้อน (Lerdrattranataywee and Kaosol, 2015) โดยการทดลองมีการกำหนดตัวแปรตาม 2 ตัว คือ เวลาที่ใช้ในการกวนผสมที่ 12 และ 24 ชั่วโมงต่อวัน และ ระยะเวลาในการเก็บกักน้ำเสียในระบบ (Hydraulic retention time, HRTs) ที่ 10 และ 30 วันตามลำดับ จากผลการทดลองพบประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในน้ำเสียที่ใช้เวลากวนผสม 24 ชั่วโมงต่อวัน ไม่ได้ส่งผลให้ค่าการกำจัดค่าซีโอดี

มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับการ ใช้ระยะเวลาในการเก็บกักน้ำเสียในระบบที่เท่ากันกับการกวนผสม 12 ชั่วโมงที่ แต่ค่าการกำจัดค่าซีโอดีในน้ำเสียจากการสกัดน้ำมันปาล์มจะมีค่ามากขึ้นถึง 98% เมื่อระยะเวลาในการเก็บกักน้ำเสียในระบบ 30 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาในการเก็บกักน้ำเสียในระบบ 10 วัน อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในน้ำเสียไม่ได้ขึ้นกับระยะเวลาในการเก็บกักน้ำเสียในระบบเพียงอย่างเดียว ปริมาณสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในระบบบำบัดน้ำเสียก็ส่งผลต่อการกำจัดซีโอดีในน้ำเสียด้วยเช่นกัน

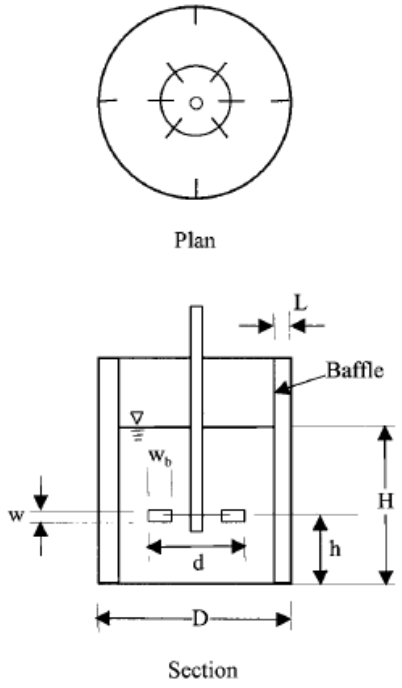
เนื่องจากการกวนผสมและการเติมออกซิเจนในน้ำเสีย มีความสำคัญในกระบวนการบำบัดน้ำเสียโดยเฉพาะในถังปรับเสมอของระบบบำบัดแบบตะกอนเร่งแบบใช้อากาศ (Hudnell et al., 2010) การปรับปรุงการกวนผสมโดยใช้วงจรไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (SPC) ดังภาพที่ 2-10 ถูกนำมาใช้ในการกวนผสมเพื่อการเพิ่มประสิทธิภาพการกวนผสมและการเติมออกซิเจนในน้ำเสีย เพราะเป็นเทคโนโลยีสะอาดและเป็นการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า ตลอดจนค่าใช้จ่ายในการดำเนินการในการกวนผสม ค่าออกซิเจนละลายน้ำและพีเอชหลังการปรับปรุงการกวนผสมด้วย SPC สามารถลดค่าใช้ไฟฟ้าได้ประมาณ 37% ที่ Exeter และ 86% ที่ Rochester



ภาพที่ 2-10 เครื่องกวนผสมแบบ Solar-powered circulation (SPC) (Hudnell et al., 2010)

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของการกวนผสมกับประสิทธิภาพของการสร้างตะกอนและรวมตะกอนในระบบบำบัด ได้มีการศึกษาการบำบัดเบื้องต้นของน้ำเสียจากการพิมพ์ธนบัตรด้วยกระบวนการสร้างและรวมตะกอน (Nandy et al., 2003) ทำการทดลองเพื่อหาผลกระทบของการกวนผสมต่อประสิทธิภาพของการสร้างและรวมตะกอนในการบำบัดน้ำเสียเบื้องต้น โดยใช้วิธีการทำจาร์เทสในห้องปฏิบัติการกับขนาดของถังการทดลอง 30 ลิตร 4 Baffles และเครื่องกวน ขนาด

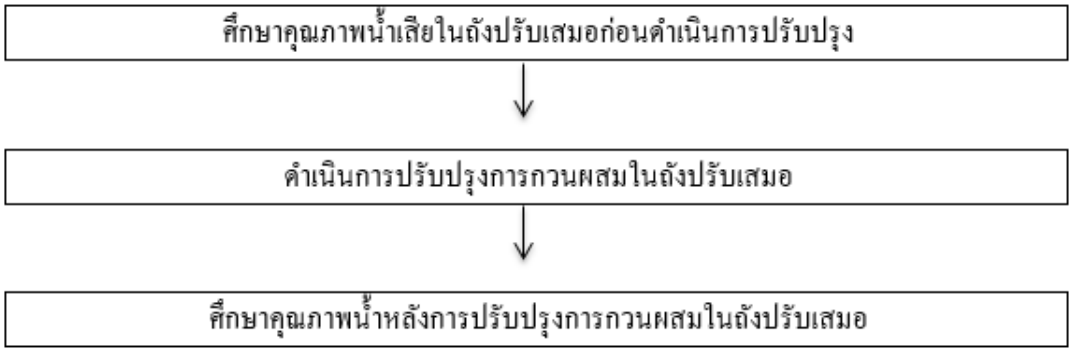
6 ใบกวน ดังแสดงในภาพที่ 2-11 การทดลองเริ่มด้วยการกวนเร็ว (Rapid mixing) ที่ความเร็วรอบและเวลาที่แตกต่างกัน หลังจากนั้น ตามด้วยการกวนช้า (Slow mixing) ที่ความเร็วรอบและเวลาในการกวนผสมคงที่ (n = 30 rpm และ t = 15 นาที) เพื่อหาความเร็วในการรวมตะกอน (Flocculation) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการกวนเร็ว (Rapid mixing) ส่งผลต่อการรวมตะกอนได้มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการกวนช้า (Slow mixing) ที่ไม่ได้ส่งผลต่อประสิทธิภาพการรวมตะกอนอย่างมีนัยสำคัญ



ภาพที่ 2-11 การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการทดลองการกวนผสม (Nandy et al., 2003)

บทที่ 3
อุปกรณ์ สารเคมีและวิธีการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการปรับปรุงลักษณะการกวนผสมของน้ำเสียในถังปรับเสมอเพื่อเพิ่มศักยภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย ของบริษัท บีเอเอสเอฟ (ไทย) จำกัด เพื่อให้คุณลักษณะของน้ำเสียที่เข้าสู่ถังปรับเสมอ มีการกวนผสมที่ดี เพื่อลดความแปรปรวนของคุณภาพน้ำเสียขาเข้า ซึ่งส่งผลการบำบัดน้ำเสียในลำดับต่อไป มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยก่อนทำการปรับปรุงได้ทำการวิเคราะห์ค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมี (COD) และพีเอช (pH) ของน้ำเสียในถังปรับเสมอในแต่ละตำแหน่งที่ระดับความลึกต่างกัน ทุก ๆ 4 ชั่วโมง เปรียบเทียบผล หลังจากที่มีการปรับปรุงการกวนผสมในถังปรับเสมอ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้



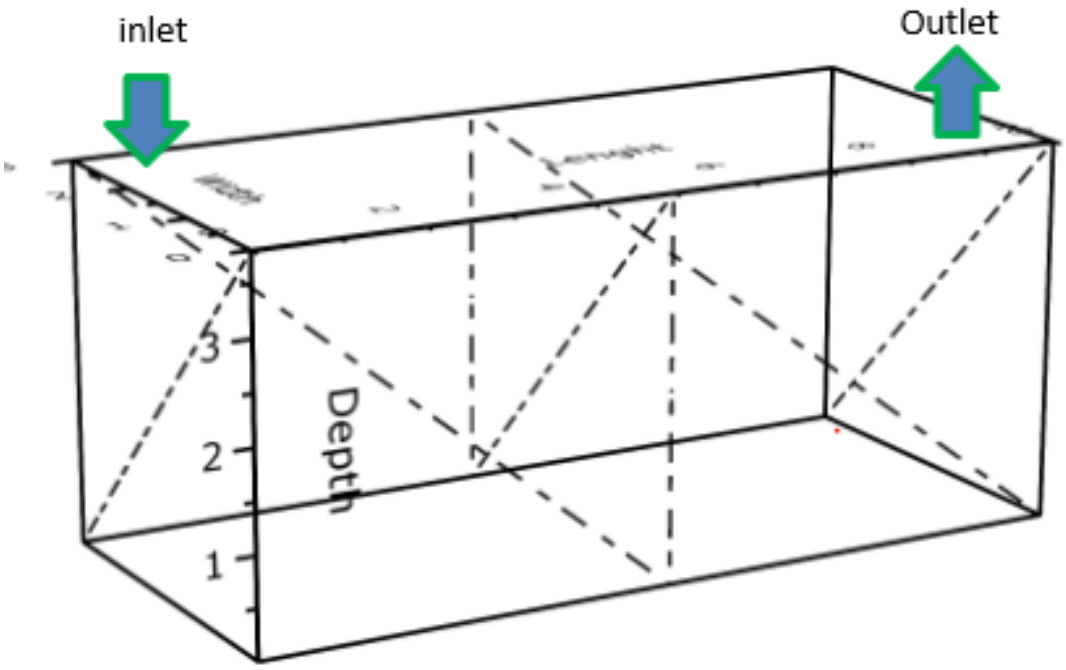
ขั้นตอนการออกแบบตำแหน่งเก็บตัวอย่างน้ำเสียในถังปรับเสมอ (Equalization tank)

ถังปรับเสมอของระบบบำบัด MPR plant และทิศทางการไหล เข้า-ออกของน้ำเสีย ดังภาพที่ 3-1 และถังมีขนาดถัง 3,000 x 10,000 x 3,800 มิลลิเมตร โดยขั้นตอนการออกแบบการเก็บตัวอย่าง มีดังนี้

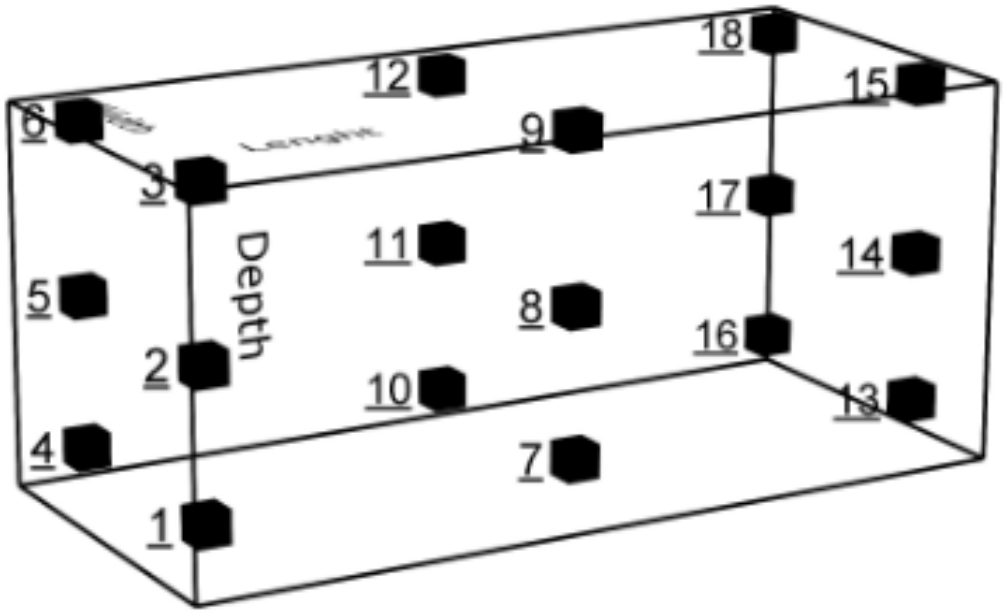
1. กำหนดตำแหน่งการเก็บตัวอย่างน้ำเสียเพื่อใช้ในการทดสอบหาค่าซีโอดี (COD) และพีเอช (pH) ดังภาพที่ 3-2 ซึ่งแสดงตำแหน่งเก็บตัวอย่างน้ำเสียของตัวอย่างที่ 1 ถึง 18 ในถังปรับเสมอ

2. ดำเนินการเก็บตัวอย่างที่ 1 ถึง 18 ทั้งหมด 3 ชุดตัวอย่างในแต่ละรูปแบบการกวนผสม โดยแต่ละชุดตัวอย่างให้ระยะเวลาการกวนผสมห่างกัน 4 ชั่วโมง

3. การเก็บตัวอย่างน้ำเสีย กำหนดให้เก็บแบบจ้วง



ภาพที่ 3-1 ลักษณะของถังปรับเสมอ ขนาด 3,000 x 10,000 x 3,800 มิลลิเมตร และทิศทางน้ำเสียที่ไหลเข้าและไหลออก



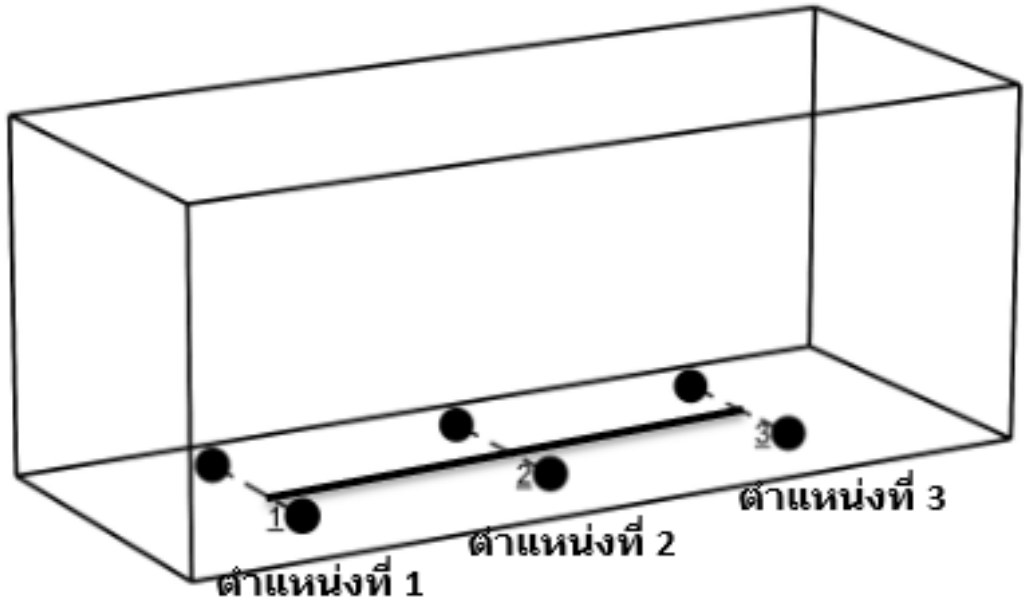
ภาพที่ 3-2 ตำแหน่งเก็บตัวอย่างน้ำเสีย ของตัวอย่างที่ 1 ถึง ตัวอย่างที่ 18 ในถังปรับเสมอ

ขั้นตอนการศึกษาลักษณะน้ำเสียในถังปรับเสมอ (Equalization tank)

ก่อนดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม จะดำเนินการเก็บอย่างน้ำเสียในถังปรับเสมอมาทำการวิเคราะห์ ค่าพีเอชและค่า ซีโอดี

ขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมในถังปรับเสมอ (Equalization tank)

บริษัท บีเอเอสเอฟ (ไทย) จำกัด ดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมในถังปรับเสมอของระบบบำบัด MPR plant โดยเลือกใช้วิธีการเติมอากาศด้วยจานกระจายอากาศ (Diffuser disk) เนื่องจากสามารถเชื่อมต่อเข้ากับระบบเติมลม Air blower ที่มีอยู่ได้ การปรับปรุงทำการติดตั้งจานกระจายอากาศ (Diffuser disk) บริเวณก้นถังปรับเสมอ จำนวน 3 ตำแหน่ง ตำแหน่งละ 2 จานกระจายอากาศ ดังภาพที่ 3-3 แสดงตำแหน่งการติดตั้งจานกระจายอากาศ (Diffuser disk) ในถังปรับเสมอ



ภาพที่ 3-3 ตำแหน่งการติดตั้งจานกระจายอากาศ (Diffuser disk) ในถังปรับเสมอ

ขั้นตอนการศึกษาลักษณะน้ำเสียภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมในถังปรับเสมอ

ภายหลังการปรับปรุงการกวนผสมในถังปรับเสมอด้วยจานกระจายอากาศ (Diffuser disk) ดำเนินการศึกษา ดังนี้

ทำการเปิดทดลองระบบการกวนผสม โดยแบ่งลักษณะการเปิดจานกระจายอากาศ ทั้งหมด 7 รูปแบบ ตามตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 รูปแบบของการเปิดจานกระจายอากาศ (Diffuser disk) ในถังปรับเสมอ

รูปแบบที่	ตำแหน่งจานกระจายอากาศ		
	1	2	3
1	X	X	X
2	X	X	
3	X		X
4		X	X
5	X		
6		X	
7			X

อุปกรณ์ที่ใช้ในการปรับปรุง

1. จานกระจายอากาศ (Diffuser disk)
2. ท่อสำหรับเชื่อมต่อเข้ากับระบบจ่ายลมของเดิมที่มีอยู่

พารามิเตอร์และวิธีการวัด

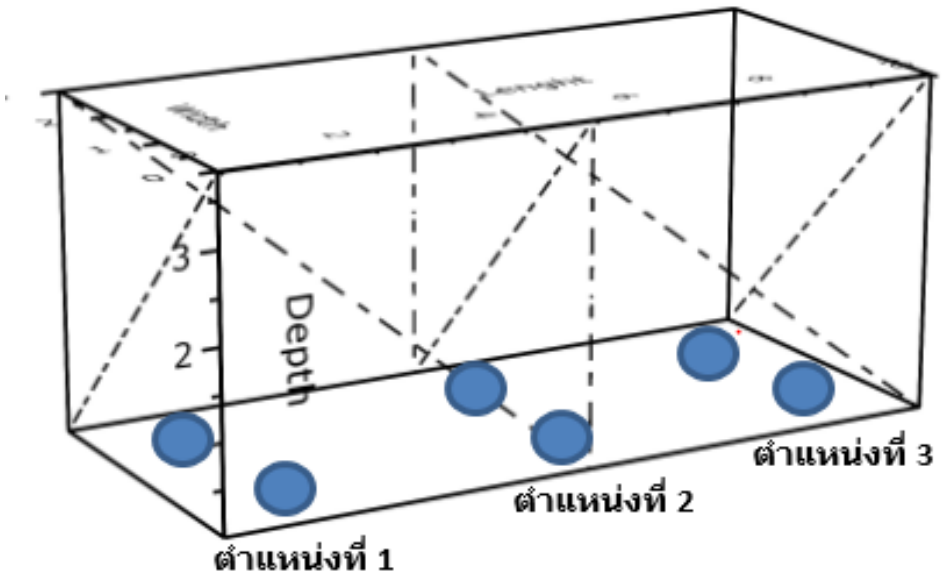
1. ค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมี (COD) วัดโดยวิธี Close reflux, titrimetric method
2. ค่าพีเอช วัดโดยเครื่อง pH meter mettler toledo model seven easy

สถานที่ดำเนินการทดลอง

1. ระบบบำบัดน้ำเสีย MPR plant บริษัท บีเอเอสเอฟ (ไทย) จำกัด นิคมอุตสาหกรรม อมตะนคร ตำบลหนองไม้แดง อำเภอ เมืองชลบุรี 20000
2. ห้องปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์หน่วยงาน Utility บริษัท บีเอเอสเอฟ (ไทย) จำกัด นิคมอุตสาหกรรม อมตะนคร ตำบลหนองไม้แดง อำเภอ เมืองชลบุรี 20000

บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

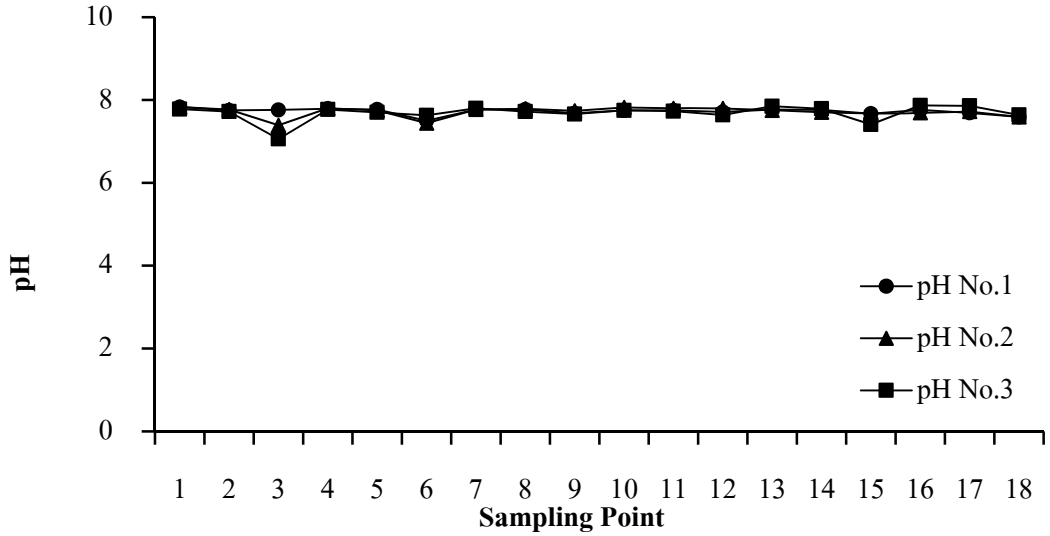
การศึกษาวิจัยครั้งนี้เพื่อการปรับปรุงลักษณะการกวนผสมของน้ำเสียในถังปรับเสมอเพื่อเพิ่มศักยภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย ของบริษัท บีเอเอสเอฟ (ไทย) จำกัด การศึกษาวิจัยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ การศึกษาลักษณะการกวนผสมของน้ำเสียในถังปรับเสมอก่อนทำการปรับปรุง เปรียบเทียบกับลักษณะการกวนผสมในถังปรับเสมอภายหลังการปรับปรุง และเปรียบเทียบรูปแบบการกวนผสมเมื่อทำการปิด-เปิดอุปกรณ์การกวนผสมในแต่ละตำแหน่งที่ทำการติดตั้งในถังปรับเสมอ ดังภาพที่ 4-1 ในรูปแบบที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 4-1 ตำแหน่งการติดตั้งจานกระจายอากาศ (Diffuser disk) ในถังปรับเสมอ

คุณลักษณะของน้ำเสียในถังปรับเสมอก่อนดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมด้วยการติดตั้งจานกระจายอากาศ (Diffusers disk)

การทดลองดำเนินการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียในถังปรับเสมอก่อนดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม เมื่อเก็บตัวอย่างน้ำเสียไปทำการวิเคราะห์ค่าพีเอชและค่าซีโอดี พบว่า ผลการวิเคราะห์ที่ได้มีค่าดังแสดงในตาราง ที่ 4-1 และภาพที่ 4-2 และมีผลการทดลองดังนี้



ภาพที่ 4-2 ค่าพีเอช ของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอก่อนดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม

ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสีย น้ำเสียที่ 1 ซึ่งเก็บตัวอย่างที่เวลา 0 ชั่วโมง ดังภาพที่ 4-3 พบว่า มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 7.50 ที่ตำแหน่งที่ 6 บริเวณทางเข้าของน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกผิวน้ำ และพบว่ามีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.83 ที่ตำแหน่งที่ 1 บริเวณทางเข้าน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและระดับความลึกก้นถังปรับเสมอ โดยค่าพีเอชเฉลี่ยของตัวอย่างน้ำเสียที่ 1 มีค่าเท่ากับ 7.73

ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสีย น้ำเสียที่ 2 ซึ่งเก็บตัวอย่างที่เวลา 4 ชั่วโมง ดังภาพที่ 4-4 พบว่า มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 7.39 ที่ตำแหน่งที่ 3 บริเวณทางเข้าของน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกผิวของถังปรับเสมอ และพบว่ามีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.83 ที่ตำแหน่งที่ 1 บริเวณทางเข้าของน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกก้นถังปรับเสมอ โดยค่าพีเอชเฉลี่ยของตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 มีค่าเท่ากับ 7.71

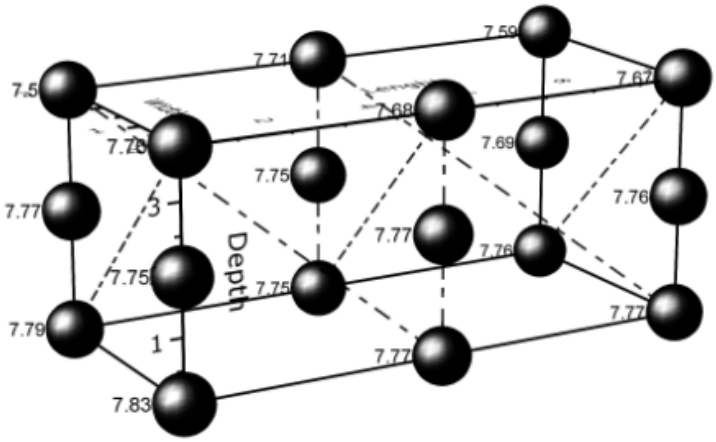
ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสีย น้ำเสียที่ 3 ซึ่งเก็บตัวอย่างที่เวลา 8 ชั่วโมง ดังภาพที่ 4-5 พบว่า มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 7.06 ที่ตำแหน่งที่ 3 บริเวณทางเข้าของน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับผิวของถังปรับเสมอ และพบว่ามีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.87 ที่ตำแหน่งที่ 16 บริเวณทางออกของน้ำเสียจากถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกก้นถังปรับเสมอ โดยค่าพีเอชเฉลี่ยของตัวอย่างน้ำเสียน้ำเสียที่ 3 มีค่า 7.69

ตารางที่ 4-1 ค่าพีเอชและค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอก่อนดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม

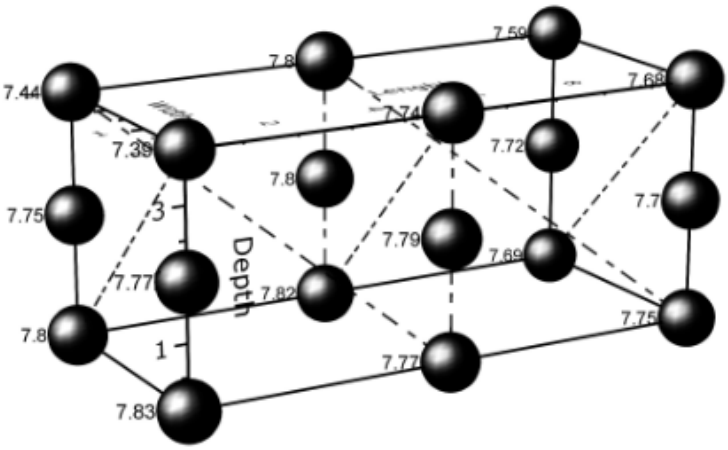
ตัวอย่าง	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
	pH	COD (mg/L)	pH	COD (mg/L)	pH	COD (mg/L)
1	7.83	4,110	7.83	3,620	7.78	3,430
2	7.75	3,900	7.77	3,600	7.72	3,540
3	7.76	3,760	7.39	16,080	7.06	15,470
4	7.79	3,530	7.80	3,640	7.77	3,640
5	7.77	3,450	7.75	3,740	7.70	3,380
6	7.50	6,520	7.44	10,250	7.63	5,950
7	7.77	3,420	7.77	3,670	7.80	3,490
8	7.77	3,420	7.79	3,780	7.72	3,610
9	7.68	4,640	7.74	5,580	7.66	4,760
10	7.75	3,470	7.82	3,720	7.75	3,610
11	7.75	3,430	7.80	2,870	7.73	3,610
12	7.71	5,650	7.80	4,270	7.64	6,090
13	7.77	3,570	7.75	4,597	7.85	2,890
14	7.76	3,540	7.7	3,520	7.79	3,530
15	7.67	3,870	7.68	4,190	7.41	16,060
16	7.76	3,610	7.69	3,450	7.87	3,490
17	7.69	3,610	7.72	3,810	7.86	3,630
18	7.59	5,460	7.59	7,290	7.64	16,210
Variance	0.01	861,084.53	0.02	10,579,280.50	0.04	21,926,452.61

เมื่อพิจารณาค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสีย ทั้ง 3 ชุดตัวอย่าง พบว่า ค่าพีเอชของน้ำเสียในถังปรับเสมออยู่ในช่วง 7.06-7.87 พบว่า ค่าพีเอชในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอของชุดตัวอย่างที่

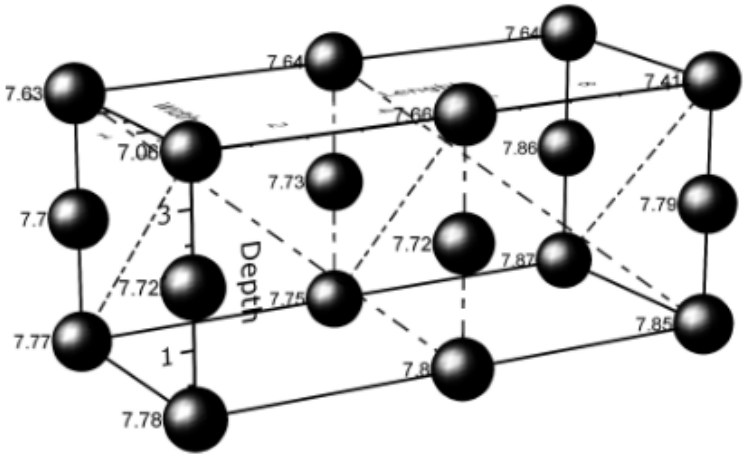
จัดเก็บในเวลาเดียวกันมีค่าที่แตกต่างกันอย่างไม่เป็นรูปแบบ ตัวอย่างน้ำเสียที่เวลา 0 ชั่วโมงค่าพีเอชในแต่ละตำแหน่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งแตกต่างจากตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 และ 3 ที่ทำการเก็บที่เวลา 4 ชั่วโมง และ 8 ชั่วโมงตามลำดับ พบว่า ค่าพีเอชที่ตำแหน่งที่ 3 บริเวณทางเข้าน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอมีค่าพีเอชที่ต่ำกว่าตำแหน่งอื่น ๆ ในถังปรับเสมออย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอาจเกิดมาจากน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบมีค่าพีเอชที่แตกต่างจากน้ำเสียที่คงอยู่ในถังปรับเสมอและไม่สามารถผสมเป็นเนื้อเดียวกันได้ เมื่อนำค่าพีเอชที่ได้จากการทดลองสร้างกราฟสามมิติ ได้กราฟแสดงดังภาพที่ 4-3, 4-4 และ 4-5 ที่ค่าพีเอชที่เวลา 0, 4 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ



ภาพที่ 4-3 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอก่อนดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม ที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง



ภาพที่ 4-4 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอก่อนดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง



ภาพที่ 4-5 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอก่อนดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง

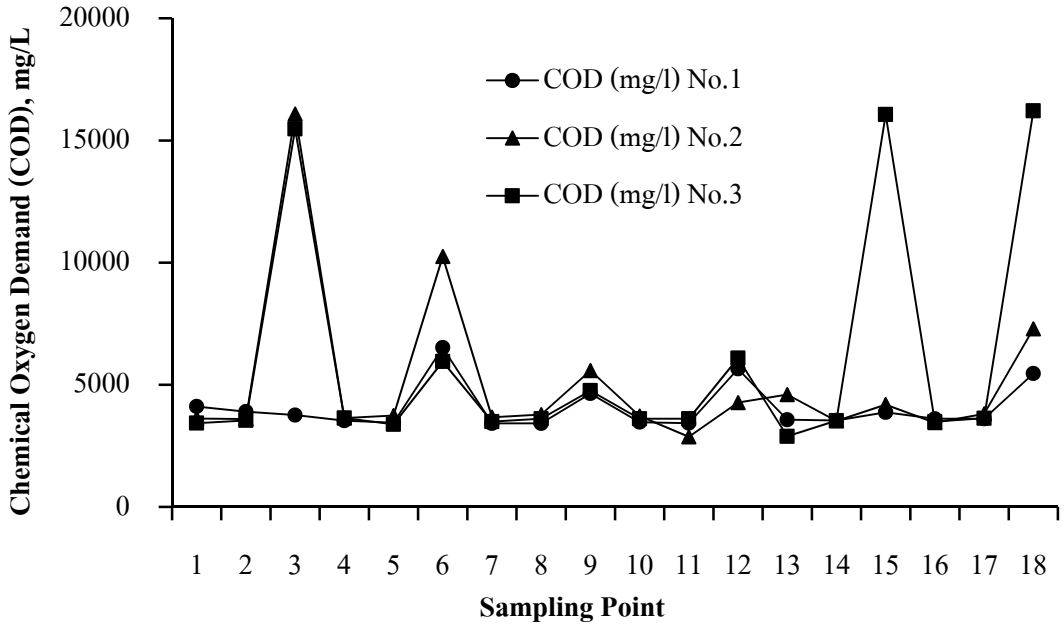
จากตารางที่ 4-1 และภาพที่ 4-6 มีผลการทดลองดังนี้

ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสีย น้ำเสียที่ 1 ซึ่งเก็บตัวอย่างที่เวลา 0 ชั่วโมง ก่อนการดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมในถังปรับเสมอ ดังภาพที่ 4-7 พบว่า มีค่าซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 4,053 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าซีโอดีสูงสุดของน้ำเสียมีค่าเท่ากับ 6,520 มิลลิกรัมต่อลิตร ในตำแหน่งที่ 6 บริเวณทางเข้าของถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกผิวน้ำ และพบว่ามีค่าซีโอดีต่ำสุดเท่ากับ 3,420 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 7 และ 8 ซึ่งอยู่บริเวณตรงกลางถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกก้นถังและกลางถังปรับเสมอตามลำดับ

ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสีย น้ำเสียที่ 2 เก็บตัวอย่างน้ำเสียที่เวลา 4 ชั่วโมง ดังภาพที่ 4-8 พบว่า มีค่าซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 5,093 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าซีโอดีสูงสุดของน้ำเสียเท่ากับ 16,080 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 3 บริเวณทางเข้าของน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกผิวน้ำ และพบว่าค่าซีโอดีต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 2,870 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 11 ซึ่งอยู่บริเวณกลางถังปรับเสมอที่ระดับความลึกตรงกลางของถังปรับเสมอ

ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสีย น้ำเสียที่ 3 ซึ่งเก็บตัวอย่างที่เวลา 8 ชั่วโมง ดังภาพที่ 4-9 พบว่า มีค่าซีโอดีเฉลี่ย 5,911 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าซีโอดีสูงสุดของน้ำเสียเท่ากับ

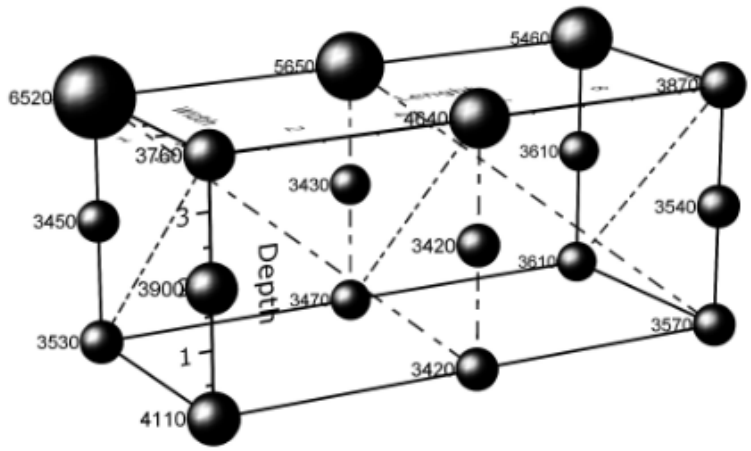
16,210 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 18 บริเวณทางออกน้ำเสียจากถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกผิวน้ำ และพบว่ามีค่าซีโอดีต่ำสุดเท่ากับ 2,890 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 13 ซึ่งอยู่บริเวณทางออกของน้ำเสียจากถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกก้นถังปรับเสมอ



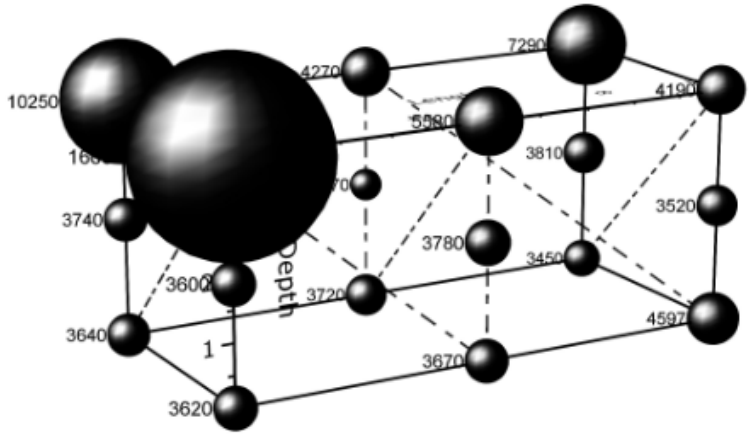
ภาพที่ 4-6 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอก่อนดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม

เมื่อพิจารณากราฟความสัมพันธ์ดังภาพที่ 4-6 พบว่า ค่าซีโอดีของน้ำเสียก่อนการดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมในถังปรับเสมอ ตัวอย่างน้ำเสียที่เก็บ ณ เวลาเดียวกัน แต่ตำแหน่งของน้ำเสียแตกต่างกัน จะเห็นว่าค่าความเข้มข้นของซีโอดีในแต่ละ ตำแหน่งของถังปรับเสมอมีค่าที่แตกต่างกัน อย่างไม่เป็นรูปแบบที่แน่นอน พบว่า บางตำแหน่งมีค่าสูงมากอย่างมีนัยสำคัญ ดังตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 ในตำแหน่งที่ 3 มีค่าสูงถึง 16,080 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่ตำแหน่งที่ 1 และ 2 มีค่าซีโอดีเพียง 3,620 และ 3,600 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียที่ 1 ตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 และตัวอย่างน้ำเสียที่ 3 ซึ่งเก็บตัวอย่างที่เวลา 0, 4 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ พบว่า ค่าซีโอดีที่ได้ที่ตำแหน่งเดียวกันมีทั้งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เช่น ในตำแหน่งที่ 3 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียที่ 1 เก็บที่เวลา 0 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 3,760 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่ตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 และตัวอย่างน้ำเสียที่ 3 ซึ่งเก็บที่เวลา 4 และ

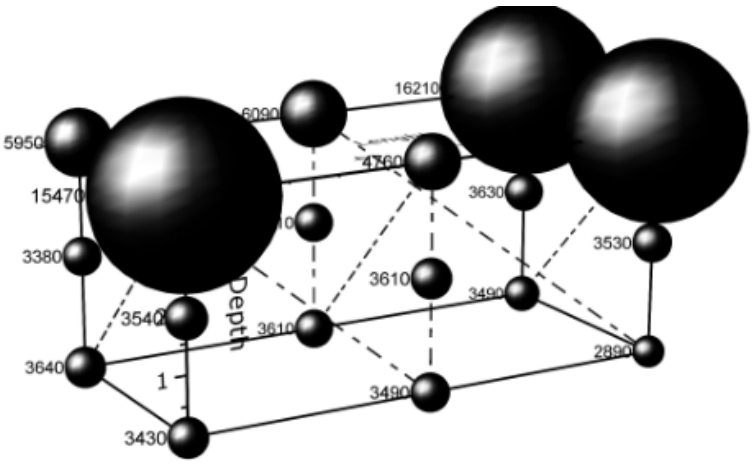
8 ชั่วโมง มีค่าซีโอดีเท่ากับ 16,080 และ 15,470 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งภาพที่ 4-7, 4-8 และ 4-9 แสดงความแตกต่างของค่าซีโอดีในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอที่เวลาแตกต่างกัน



ภาพที่ 4-7 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอก่อนดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง



ภาพที่ 4-8 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอก่อนดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง



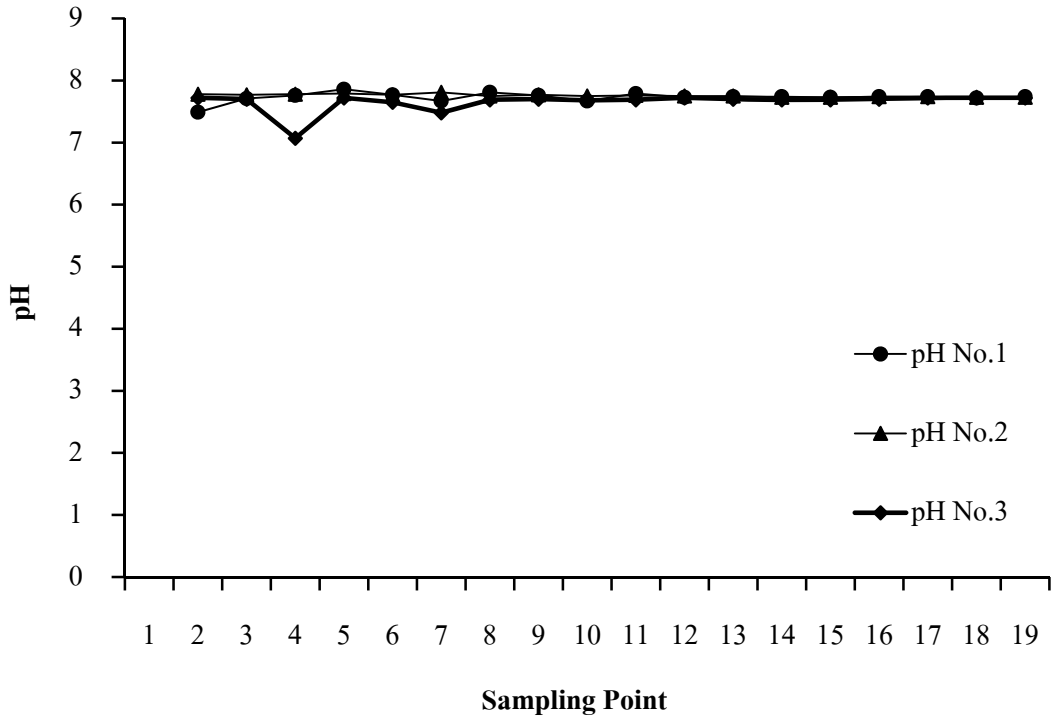
ภาพที่ 4-9 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอก่อนดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม ที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง

จากผลการทดลอง พบว่า ค่าพีเอชของน้ำเสียในถังปรับเสมอก่อนการดำเนินการปรับปรุงที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของถังปรับเสมอมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญมากนัก โดยหากพิจารณาจากค่าความแปรปรวน (Variance) มีค่าเพียง 0.01, 0.02 และ 0.04 ที่เวลากวนผสมเท่ากับ 0, 4 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ ดังตารางที่ 4-1 ซึ่งแตกต่างจากค่าซีโอดีที่มีค่าแตกต่างกันอย่างชัดเจนในแต่ละตำแหน่ง โดยพบว่า ความแปรปรวนของค่าซีโอดีภายในถังเท่ากับ 861,048 10,579,280 และ 21,926,452 ที่เวลากวนผสมเท่ากับ 0, 4 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ ดังตารางที่ 4-1 แสดงให้เห็นว่า น้ำเสียไม่ถูกผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน และเมื่อพิจารณาเวลาที่ใช้เก็บตัวอย่างที่แตกต่างกัน ค่าพีเอชและซีโอดีที่วิเคราะห์ได้มีค่าเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น

ลักษณะการกวนผสมของน้ำเสียในถังปรับเสมอภายหลังการปรับปรุงการกวนผสมด้วยการติดตั้งจานกระจายอากาศ (Diffusers disk)

1. การทดลองเปิดระบบการกวนผสมรูปแบบที่ 1 เปิดระบบกระจายอากาศตำแหน่งที่ 1 ตำแหน่งที่ 2 และตำแหน่งที่ 3

เมื่อทำการเปิดระบบกระจายอากาศเพื่อให้เกิดการกวนผสมในถังปรับเสมอตามรูปแบบที่ 1 และเก็บตัวอย่างน้ำเสียไปทำการวิเคราะห์ค่าพีเอชและค่าซีโอดี ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสียแสดงในตารางที่ 4-2 และภาพที่ 4-10 และมีผลการทดลองดังนี้



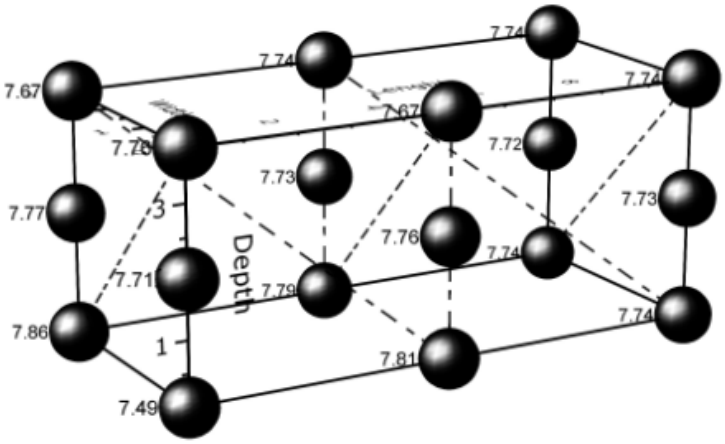
ภาพที่ 4-10 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 1 เปิดระบบกระจายอากาศตำแหน่งที่ 1, 2 และ 3

ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียที่ 1 ซึ่งเก็บที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง ดังภาพที่ 4-11 พบว่า มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 7.49 ที่ตำแหน่งที่ 1 บริเวณทางเข้าของน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกก้นของถังปรับเสมอ และพบว่ามีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.86 ที่ตำแหน่งที่ 4 บริเวณทางเข้าของน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกก้นของถังปรับเสมอตรงข้ามกับตำแหน่งที่ 1 โดยค่าพีเอชเฉลี่ยของตัวอย่างน้ำเสียที่ 1 ที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 7.73

ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 ซึ่งเก็บที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง ดังภาพที่ 4-12 พบว่า มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 7.73 ที่ตำแหน่งที่ 14 บริเวณทางออกของน้ำเสียจากถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกกลางของถังปรับเสมอ และพบว่ามีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.81 ที่ตำแหน่งที่ 6 บริเวณทางเข้าน้ำเสียของถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกผิวน้ำของถังปรับเสมอ โดยค่าพีเอชเฉลี่ยของตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 ที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 7.76

ตารางที่ 4-2 ค่าพีเอช และค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสมรูปแบบที่ 1 เปิดระบบกระจายอากาศตำแหน่งที่ 1, 2 และ 3

ตัวอย่าง	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
	pH	COD (mg/L)	pH	COD (mg/L)	pH	COD (mg/L)
1	7.49	3,580	7.78	5,680	7.72	4,080
2	7.71	3,475	7.77	5,578	7.70	3,975
3	7.76	3,474	7.78	5,575	7.07	3,975
4	7.86	4,230	7.79	6,330	7.72	4,370
5	7.77	4,250	7.77	6,353	7.65	4,753
6	7.67	6,845	7.81	8,940	7.48	7,345
7	7.81	3,602	7.75	5,700	7.69	4,102
8	7.76	3,575	7.77	5,675	7.70	4,075
9	7.67	3,568	7.75	5,670	7.68	4,070
10	7.79	3,595	7.76	5,698	7.69	4,095
11	7.73	3,574	7.75	5,674	7.72	4,075
12	7.74	3,570	7.75	5,673	7.70	4,070
13	7.74	3,654	7.73	5,755	7.69	4,155
14	7.73	3,544	7.73	5,645	7.69	4,045
15	7.74	3,530	7.74	5,632	7.70	4,030
16	7.74	3,655	7.74	5,755	7.72	4,155
17	7.72	3,545	7.73	5,645	7.72	4,045
18	7.74	3,550	7.73	5,650	7.72	4,050
Variance	0.00565	618,121.63	0.000	616,035.24	0.02	608,078.13



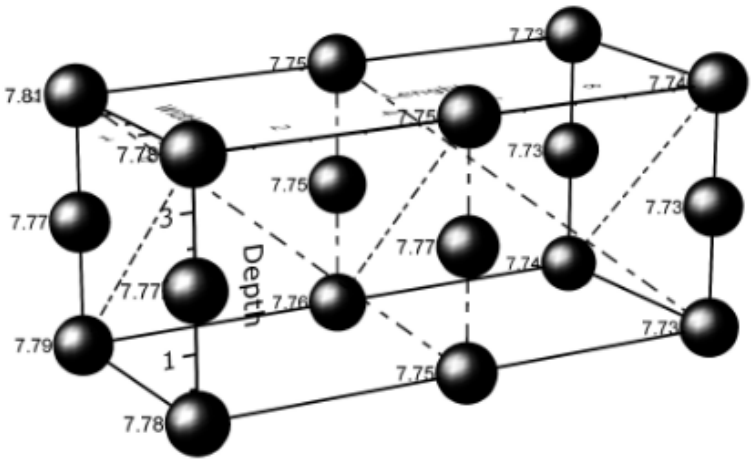
ภาพที่ 4-11 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 1 เปิดระบบกระจายอากาศตำแหน่งที่ 1, 2 และ 3 ที่เวลากวนผสมที่ 0 ชั่วโมง

ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียที่ 3 ซึ่งเก็บที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง ดังภาพที่ 4-13 พบว่า มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 7.07 ที่ตำแหน่งที่ 3 บริเวณทางเข้าของน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกผิวน้ำของถังปรับเสมอและมีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.72 ในตำแหน่งที่ 1, 4, 11, 16, 17 และ 18 โดยค่าพีเอชเฉลี่ยของตัวอย่างน้ำเสียที่ 3 ที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 7.65

สำหรับค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 1 เปิดระบบกระจายอากาศตำแหน่งที่ 1, 2 และ 3 ที่เวลาการกวนผสมที่ 0, 4, และ 8 ชั่วโมง แสดงดังภาพที่ 4-11, 4-12, และ 4-13 ตามลำดับ

จากผลการทดลอง พบว่า ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียภายหลังการปรับปรุงการกวนผสมในถังปรับเสมอและเปิดระบบกระจายอากาศเพื่อให้เกิดการกวนผสมตามรูปแบบที่ 1 ที่เก็บตัวอย่าง ณ เวลาเดียวกันในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยหากพิจารณาจากค่าความแปรปรวน (Variance) มีค่าเพียง 0.01, 0.00 และ 0.02 ที่เวลากวนผสมเท่ากับ 0, 4 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ ดังตารางที่ 4-2 ยกเว้นตัวอย่างน้ำเสียที่ 3 ที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง ในตำแหน่งที่ 3, 4, 5 และ ตำแหน่งที่ 6 มีค่าแตกต่างกัน ซึ่งตำแหน่งดังกล่าวเป็นตำแหน่งทางเข้าของน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอ ซึ่งเป็นไปได้ว่ามีน้ำเสียไหลเข้าสู่ถังปรับเสมอในขณะที่ทำการเก็บตัวอย่าง โดยน้ำเสียที่เข้าสู่ถังปรับเสมอมีค่าพีเอชที่แตกต่างกับพีเอชของน้ำเสียที่อยู่ภายในถังปรับเสมออยู่แล้ว จึงยังไม่ถูกกวนผสมให้เข้ากัน จากภาพที่ 4-10 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียที่ 1, 2 และ 3 มีค่าที่

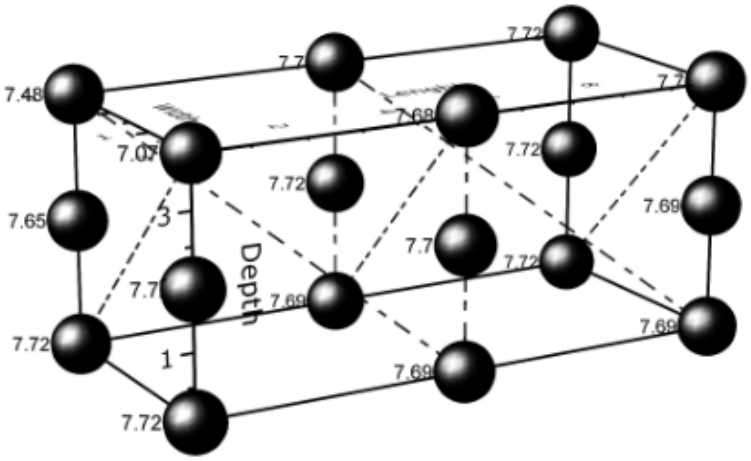
แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในตำแหน่งที่ 1 ถึง ตำแหน่งที่ 6 ซึ่งเป็นตำแหน่งทางเข้าของน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและมีค่าค่อนข้างคงที่ในตำแหน่งที่ 9 เป็นต้นไป จนถึงตำแหน่งที่ 18 ซึ่งเป็นตำแหน่งตั้งแต่กลางถังปรับเสมอจนถึงทางออกของน้ำเสียจากถังปรับเสมอ สามารถแสดงให้เห็นถึงการกวนผสมที่เข้ากันได้ตั้งแต่ระยะกลางถังปรับเสมอและเมื่อเปรียบเทียบค่าพีเอชที่มีการกวนผสมในรูปแบบที่ 1 ซึ่งใช้เวลาต่างกัน พบว่า ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 ซึ่งใช้เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง ให้ค่าพีเอชที่ไม่มีความแตกต่างกันมากนักในทุก ๆ ตำแหน่งของถังปรับเสมอ ดังแสดงในภาพที่ 4-12



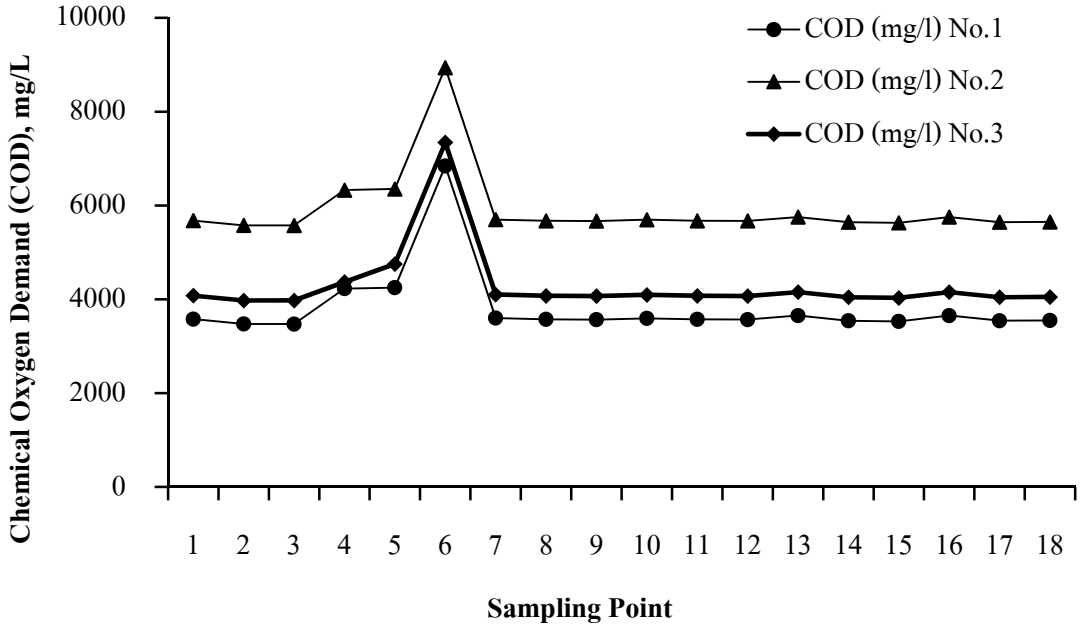
ภาพที่ 4-12 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 1 เปิดระบบกระจายอากาศตำแหน่งที่ 1, 2 และ 3 ที่เวลากวนผสมที่ 4 ชั่วโมง

จากตาราง 4-2 และภาพที่ 4-14 แสดงค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอ ภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 1 ที่ดำเนินการเปิดระบบกระจายอากาศตำแหน่งที่ 1, 2 และ 3 และมีผลการทดลองดังนี้

ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียที่ 1 ซึ่งเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง ดังภาพที่ 4-15 พบว่า มีค่าซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 3,823 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าซีโอดีสูงสุดของตัวอย่างน้ำเสียมีค่าเท่ากับ 6,845 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 6 บริเวณทางเข้าของถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกผิวน้ำ และพบว่าค่าซีโอดีต่ำสุดมีค่า เท่ากับ 3,474 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 3 ซึ่งอยู่บริเวณทางเข้าน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกผิวน้ำของถังปรับเสมอ



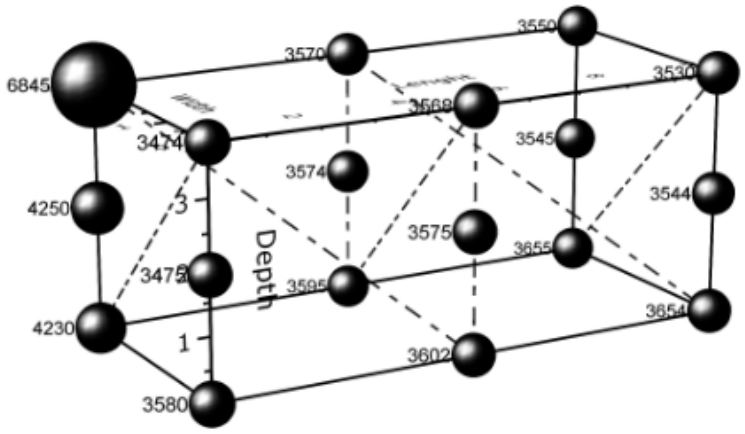
ภาพที่ 4-13 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 1 เปิดระบบกระจายอากาศตำแหน่งที่ 1, 2 และ 3 ที่เวลากวนผสมที่ 8 ชั่วโมง



ภาพที่ 4-14 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 1 เปิดระบบกระจายอากาศตำแหน่งที่ 1, 2 และ 3

ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 ซึ่งเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง เมื่อทำการเปิดระบบกระจายอากาศเพื่อให้เกิดการกวนผสมตามรูปแบบที่ 1 ดังภาพที่ 4-16 พบว่า ค่าซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 5,924 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าซีโอดีสูงสุดของตัวอย่างน้ำเสียมีค่าเท่ากับ 8,940 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 6 บริเวณทางเข้าของถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกผิวน้ำของถังปรับเสมอ และพบว่ามีค่าซีโอดีต่ำสุดเท่ากับ 5,575 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 3 ซึ่งอยู่บริเวณทางเข้าน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกผิวน้ำของถังปรับเสมอ

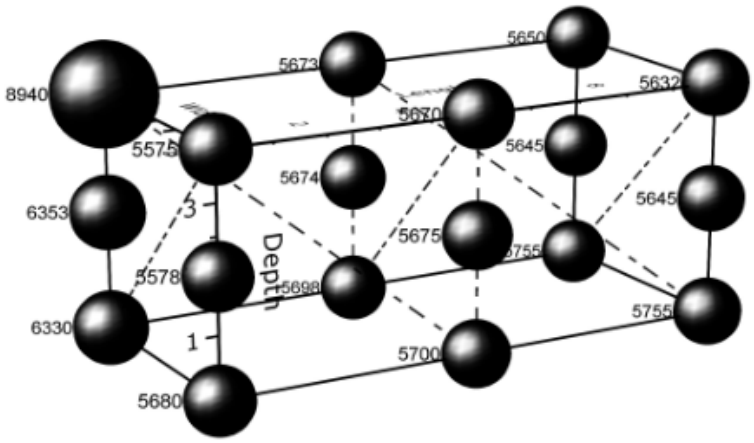
ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียที่ 3 ซึ่งเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง เมื่อทำการเปิดระบบกระจายอากาศเพื่อให้เกิดการกวนผสม ตามรูปแบบที่ 1 ดังภาพที่ 4-17 พบว่า มีค่าซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 4,304 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าซีโอดีสูงสุดของตัวอย่างน้ำเสียมีค่าเท่ากับ 7,345 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 6 บริเวณทางเข้าน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกผิวน้ำของถังปรับเสมอ และพบว่ามีค่าซีโอดีต่ำสุดเท่ากับ 3,975 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 2 และ 3 ซึ่งอยู่บริเวณทางเข้าน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกกลางถังและผิวน้ำของถังปรับเสมอ



ภาพที่ 4-15 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 1 เปิดระบบกระจายอากาศตำแหน่งที่ 1, 2 และ 3 ที่เวลากวนผสมที่ 0 ชั่วโมง

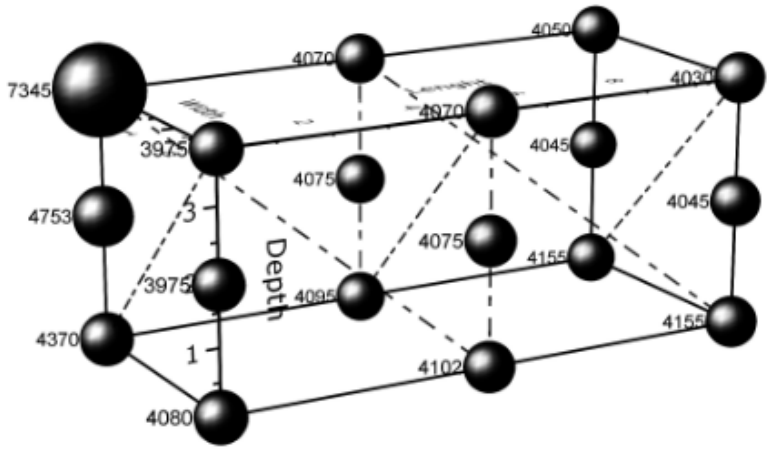
ภาพที่ 4-14 แสดงค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียที่ 1, 2 และ 3 พบว่า มีค่าสูงสุดที่ตำแหน่งที่ 6 ซึ่งเป็นตำแหน่งทางเข้าของน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอที่ระดับความลึกผิว ในขณะที่ตัวอย่างที่เก็บในตำแหน่งอื่น ๆ ของถังปรับเสมอ โดยส่วนมากมีค่าซีโอดีที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อพิจารณาค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียที่ 1 ที่เก็บตัวอย่างที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง กับตัวอย่างน้ำเสียที่

2 ที่เก็บตัวอย่างที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง พบว่า ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียที่ 1 มีค่าต่ำกว่าตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 ในทุก ๆ ตำแหน่งของตัวอย่าง ซึ่งเกิดจากการเติมน้ำเสียเข้าสู่ถังปรับเสมอในช่วงเวลาดังกล่าว แต่จากภาพที่ 4-14 แสดงให้เห็นการกวนผสมที่ดีในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 ที่เก็บตัวอย่างที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง กับตัวอย่างน้ำเสียที่ 3 ที่เก็บตัวอย่างที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง พบว่า ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียที่ 3 มีค่าลดลงจากตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 ถึง 27.4% ดังแสดงในภาพที่ 4-16 และ 4-17 เมื่อพิจารณาจากค่าความแปรปรวน (Variance) พบว่า ความแปรปรวนของค่าซีโอดีภายในถังเท่ากับ 618,212 616,035 และ 608,078 ที่เวลากวนผสมเท่ากับ 0, 4 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ ดังตารางที่ 4-2



ภาพที่ 4-16 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 1 เปิดระบบกระจายอากาศตำแหน่งที่ 1, 2 และ 3 ที่เวลากวนผสมที่ 4 ชั่วโมง

จากการทดลองเปิดระบบการกวนผสมรูปแบบที่ 1 ค่าพีเอชของน้ำเสียแต่ละตำแหน่งในถังปรับเสมอของตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 ที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง ให้ค่าที่มีความแปรปรวนน้อยที่สุดเท่ากับ 0.00 และค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียที่ 3 มีความแตกต่างในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมออย่างไม่มีนัยสำคัญ และที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง เป็นเวลาที่เพียงพอสำหรับการลดซีโอดีในน้ำเสีย ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการกำจัดสารซีโอดีจากค่าซีโอดีตำแหน่งที่ 6 และ 15 ซึ่งเป็นตำแหน่งน้ำไหลเข้าและออกจากถังปรับเสมอ พบว่า มีประสิทธิภาพการกำจัดค่าซีโอดีเท่ากับ 37%



ภาพที่ 4-17 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 1 เปิดระบบกระจายอากาศตำแหน่งที่ 1, 2 และ 3 ที่เวลากวนผสมที่ 8 ชั่วโมง

2. การทดลองเปิดระบบการกวนผสมรูปแบบที่ 2 เปิดระบบกระจายอากาศตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2

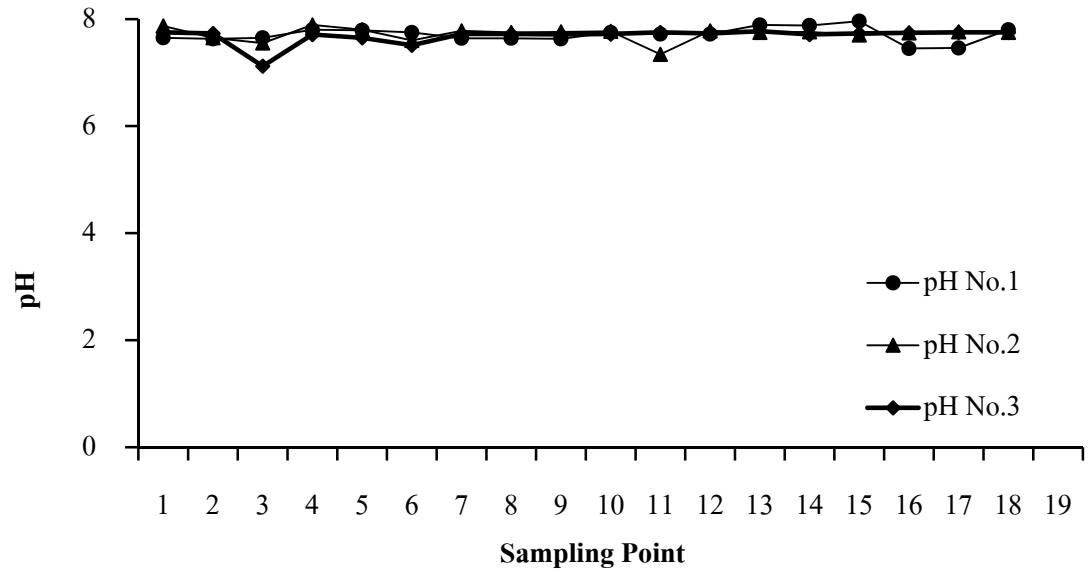
การทดลองดำเนินการเพื่อให้เกิดการกวนผสมในถังปรับเสมอตามรูปแบบที่ 2 และเก็บตัวอย่างน้ำเสียไปทำการวิเคราะห์ค่าพีเอชและค่าซีโอดี พบว่า ผลการวิเคราะห์ที่ได้มีค่าดังแสดงในตารางที่ 4-3 และภาพที่ 4-18 และมีผลการทดลองดังนี้

ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียที่ 1 ซึ่งเก็บตัวอย่างที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง ดังภาพที่ 4-19 พบว่า มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 7.45 ที่ตำแหน่งที่ 16 บริเวณทางออกของน้ำเสียจากถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกของก้นถังปรับเสมอ และพบว่ามีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.96 ที่ตำแหน่งที่ 15 บริเวณทางออกของน้ำเสียจากถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกผิวน้ำของถังปรับเสมอ โดยค่าพีเอชเฉลี่ยของตัวอย่างน้ำเสียที่ 1 ที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 7.71

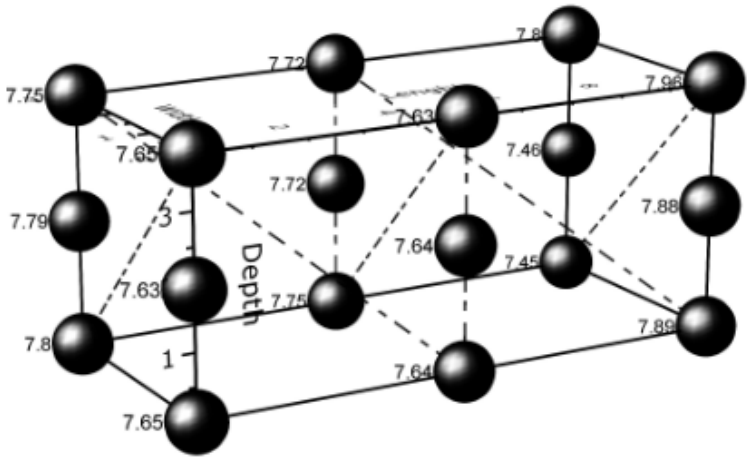
ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 เก็บตัวอย่างที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง ดังภาพที่ 4-20 พบว่า มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 7.34 ที่ตำแหน่งที่ 11 บริเวณตรงกลางถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกกลางของถังปรับเสมอ และพบว่ามีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.89 ที่ตำแหน่งที่ 4 บริเวณทางเข้าน้ำเสียของถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกก้นของถังปรับเสมอ โดยค่าพีเอชเฉลี่ยของตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 ที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 7.72

ตารางที่ 4-3 ค่าพีเอชและค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 2 โดยเปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 และ 2

ตัวอย่าง	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
	pH	COD (mg/L)	pH	COD (mg/L)	pH	COD (mg/L)
1	7.65	5,800	7.87	4,600	7.75	4,520
2	7.63	5,700	7.65	4,500	7.73	4,420
3	7.65	5,695	7.55	4,495	7.12	4,410
4	7.80	6,450	7.89	5,250	7.71	5,180
5	7.79	6,473	7.80	5,280	7.65	5,195
6	7.75	6,060	7.60	4,875	7.51	4,780
7	7.64	5,820	7.78	4,620	7.72	4,540
8	7.64	5,795	7.75	4,597	7.72	4,520
9	7.63	5,790	7.76	4,590	7.71	4,512
10	7.75	5,820	7.77	4,625	7.72	4,540
11	7.72	5,795	7.34	4,597	7.75	4,518
12	7.72	5,795	7.78	4,595	7.73	4,520
13	7.89	6,240	7.75	5,045	7.77	5,020
14	7.88	5,950	7.76	4,760	7.71	5,150
15	7.96	5,840	7.70	4,765	7.73	4,895
16	7.45	5,975	7.74	4,775	7.74	4,950
17	7.46	5,975	7.76	4,850	7.75	4,700
18	7.80	5,855	7.75	4,655	7.75	4,580
Variance	0.02	540,87.87	0.02	54,851.79	0.02	74,953.67

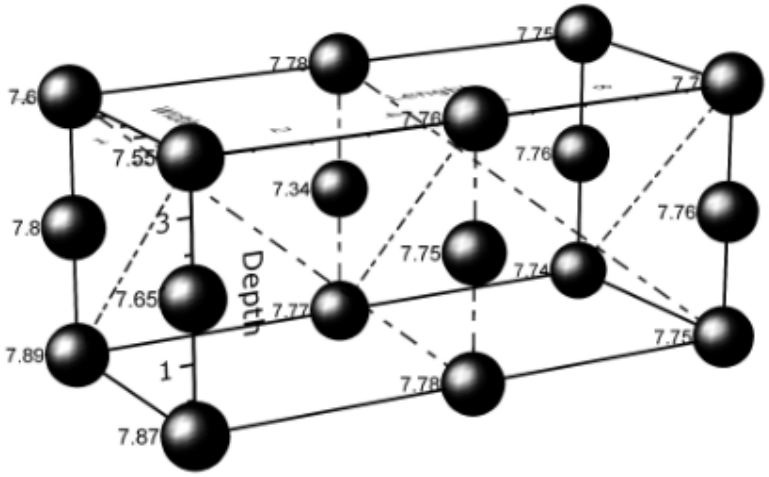


ภาพที่ 4-18 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสมรูปแบบที่ 2 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 และ 2



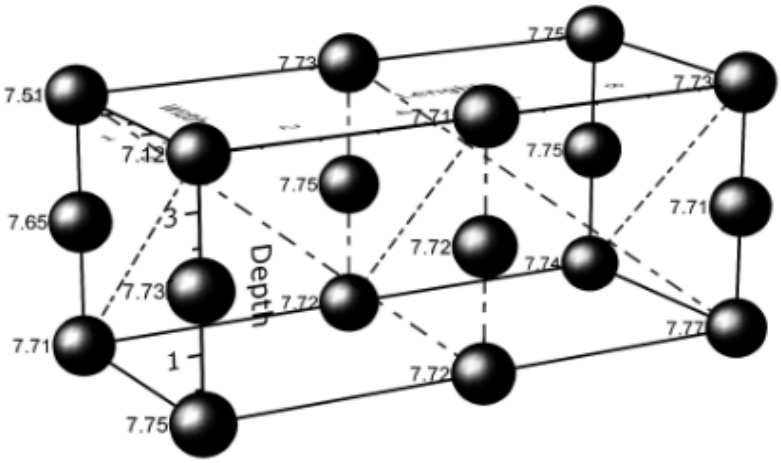
ภาพที่ 4-19 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 2 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 และ 2 ที่เวลากวนผสมที่ 0 ชั่วโมง

ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียที่ 3 ซึ่งเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง ดังภาพที่ 4-21 พบว่า มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 7.12 ที่ตำแหน่งที่ 3 บริเวณทางเข้าของน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกผิวน้ำของถังปรับเสมอ และพบว่ามีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.77 ในตำแหน่งที่ 13 บริเวณทางออกของน้ำเสียจากถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกของก้นถังปรับเสมอ โดยค่าพีเอชเฉลี่ยของตัวอย่างน้ำเสียที่ 3 ที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 7.68



ภาพที่ 4-20 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 2 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 และ 2 ที่เวลากวนผสมที่ 4 ชั่วโมง

จากภาพที่ 4-18 กราฟค่าพีเอชของตัวอย่างเสียที่ 1, 2 และ 3 มีค่าแปรปรวนอย่างมีนัยสำคัญในตำแหน่งที่ 1 ถึง ตำแหน่งที่ 6 ซึ่งเป็นทางเข้าของน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอ ยกเว้นตัวอย่างน้ำเสียที่ 3 ที่มีความแปรปรวนในตำแหน่งทางออกของน้ำเสียจากถังปรับเสมอ ซึ่งตัวอย่างน้ำเสียที่ 1 เป็นตัวอย่างที่เก็บที่เวลากวนผสมเท่ากับ 0 ชั่วโมง เมื่อพิจารณาตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 และ 3 ที่มีการกวนผสมของน้ำเสียในรูปแบบที่ 2 เวลากวนผสม 4 และ 8 ชั่วโมงตามลำดับ ความแตกต่างของค่าพีเอชในแต่ละตำแหน่งในถังปรับเสมอไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในภาพที่ 4-20 และ 4-21 และจากค่าความแปรปรวน (Variance) ตามตารางที่ 4-3 มีค่าเพียง 0.02, 0.02 และ 0.02 ที่เวลากวนผสมเท่ากับ 0, 4 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ นอกจากนั้นค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 และ 3 มีค่าที่ใกล้เคียงกัน

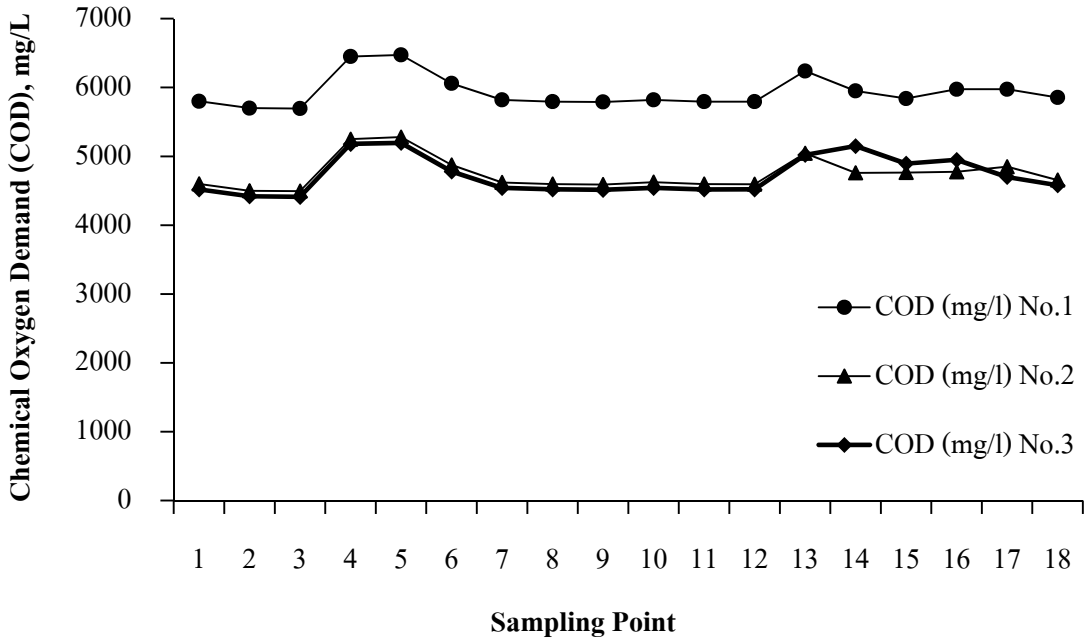


ภาพที่ 4-21 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 2 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 และ 2 ที่เวลากวนผสมที่ 8 ชั่วโมง

จากตารางที่ 4-3 และภาพที่ 4-22 แสดงค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสมรูปแบบที่ 2 ซึ่งเปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 และ 2 และผลการทดลองมีดังนี้

ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียที่ 1 ซึ่งเก็บตัวอย่างที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง เมื่อทำการเปิดระบบกระจายอากาศเพื่อให้เกิดการกวนผสมตามรูปแบบที่ 2 ดังภาพที่ 4-23 พบว่า มีค่าซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 5,935 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าซีโอดีสูงสุดของตัวอย่างน้ำเสียมีค่าเท่ากับ 6,473 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 5 บริเวณทางเข้าน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกกลางของถังปรับเสมอ และพบว่ามีค่าซีโอดีต่ำสุดเท่ากับ 5,695 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 3 ซึ่งอยู่บริเวณทางเข้าน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอที่ระดับความลึกผิวน้ำของถังปรับเสมอ

ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 ซึ่งเก็บตัวอย่างที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง เมื่อทำการเปิดระบบกระจายอากาศเพื่อให้เกิดการกวนผสมตามรูปแบบที่ 2 ดังภาพที่ 4-24 พบว่า มีค่าซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 4,749 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าซีโอดีสูงสุดของตัวอย่างน้ำเสียมีค่าเท่ากับ 5,280 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 5 บริเวณทางเข้าน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกกลางของถังปรับเสมอ และพบว่ามีค่าซีโอดีต่ำสุดมีค่า 4,495 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 3 ซึ่งอยู่บริเวณทางเข้าน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกผิวน้ำของถังปรับเสมอ

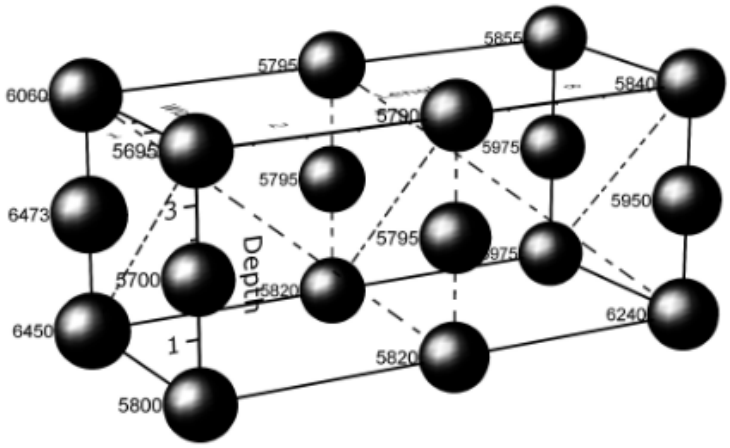


ภาพที่ 4-22 ค่าซีโอดี ของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 2 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 และ 2

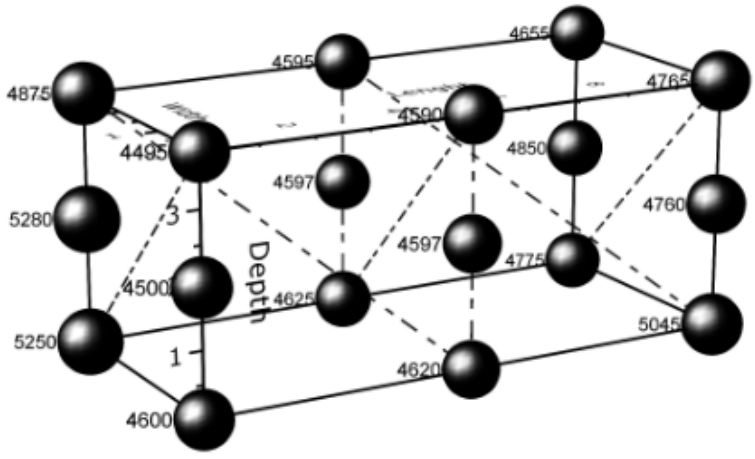
ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียที่ 3 ซึ่งเก็บที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง เมื่อทำการเปิดระบบกระจายอากาศเพื่อให้เกิดการกวนผสมตามรูปแบบที่ 2 ดังภาพที่ 4-25 พบว่า มีค่าซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 4,719 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าซีโอดีสูงสุดของตัวอย่างน้ำเสียมีค่าเท่ากับ 5,195 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 5 บริเวณทางเข้าน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกกลางของถังปรับเสมอ และพบว่ามีค่าซีโอดีต่ำสุดเท่ากับ 4,410 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 3 ซึ่งอยู่บริเวณทางเข้าน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกผิวของถังปรับเสมอ

จากภาพที่ 4-22 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียเมื่อเปิดระบบการกวนผสมรูปแบบที่ 2 พบว่า ค่าซีโอดีสูงสุดของตัวอย่างที่ 1, 2 และ 3 มีค่าสูงสุดที่ตำแหน่ง 6 เหมือนกันทุกตัวอย่าง ซึ่งตำแหน่งนี้เป็นตำแหน่งทางเข้าของน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอ อย่างไรก็ตาม ค่าซีโอดีในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อพิจารณาจากค่าความแปรปรวน (Variance) พบว่า ความแปรปรวนของค่าซีโอดีภายในถังเท่ากับ 54,088 54,852 และ 74,954 ที่เวลากวนผสมเท่ากับ 0, 4 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ ดังตารางที่ 4-3 และดังแสดงในภาพ 4-23 ถึง 4-25 แต่จะมีค่าซีโอดีเพิ่มสูงขึ้นของตัวอย่างที่ 14 ในชุดตัวอย่างน้ำเสียที่ 3 ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ไม่ได้เปิด

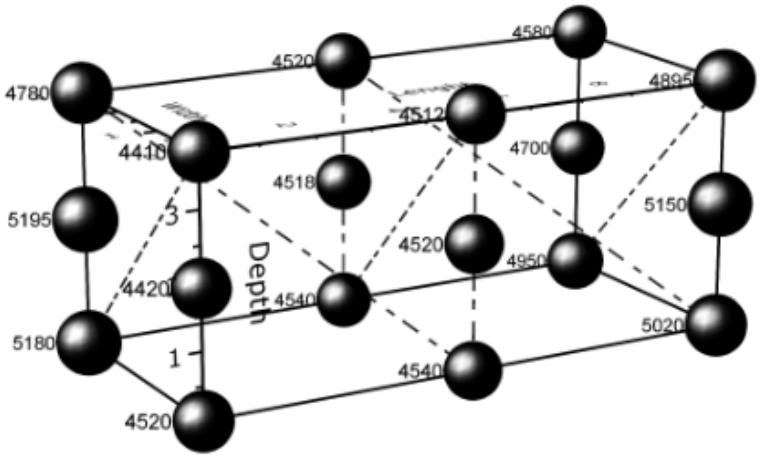
จานกระจายอากาศเพื่อให้เกิดการกวนผสม จึงเป็นไปได้ที่อนุภาคแขวนลอยที่อยู่ในน้ำเสียเริ่มมีการตกตะกอนในตำแหน่งดังกล่าว จากภาพที่ 4-22 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 ที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง มีค่าลดลงจากตัวอย่างน้ำเสียที่ 1 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20.0% ในขณะที่ตัวอย่างน้ำเสียที่ 3 ที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง มีค่าซีโอดีไม่ลดลงแต่เพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ 2



ภาพที่ 4-23 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 2 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 และ 2 ที่เวลากวนผสมที่ 0 ชั่วโมง



ภาพที่ 4-24 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 2 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 และ 2 ที่เวลากวนผสมที่ 4 ชั่วโมง



ภาพที่ 4-25 ค่าซีโอดี ของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 2 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 และ 2 ที่เวลากวนผสมที่ 8 ชั่วโมง

จากการทดลองเปิดระบบการกวนผสมรูปแบบที่ 2 ค่าพีเอชของน้ำเสียแต่ละตำแหน่งในถังปรับเสมอของตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 และ 3 ที่เวลากวนผสม 4 และ 8 ชั่วโมงตามลำดับ ให้ค่าที่มีความแปรปรวนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ และค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 มีความแตกต่างในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมออย่างไม่มีนัยสำคัญ และที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง เป็นเวลาที่เพียงพอสำหรับการลดซีโอดีในน้ำเสียได้ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการกำจัดสารซีโอดีจากค่าซีโอดีตำแหน่งที่ 6 และ 15 ซึ่งเป็นตำแหน่งน้ำไหลเข้าและออกจากถังปรับเสมอ พบว่ามีประสิทธิภาพการกำจัดค่าซีโอดีเท่ากับ 2.26%

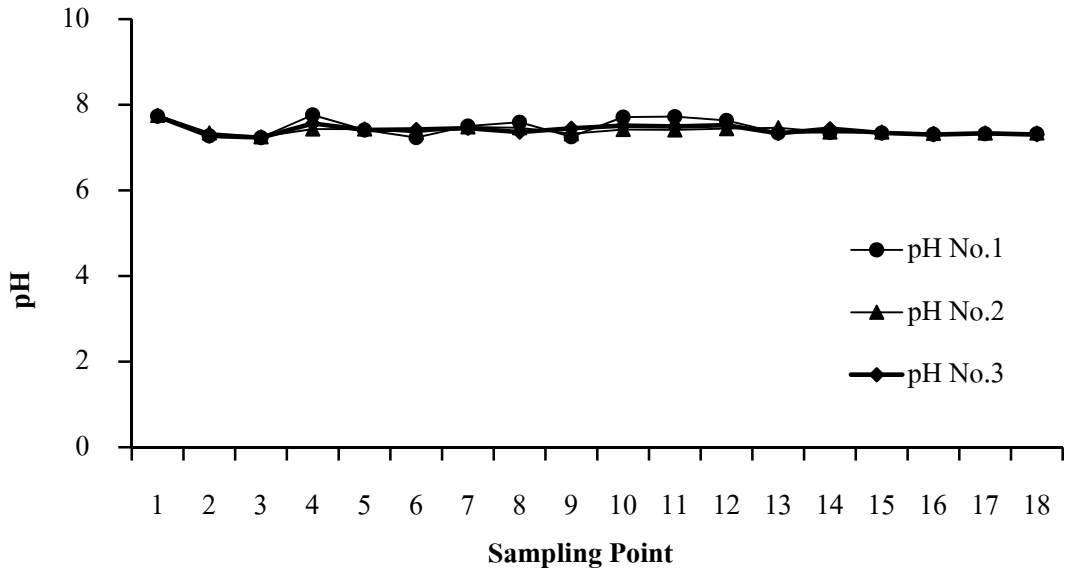
3. การทดลองเปิดระบบการกวนผสมรูปแบบที่ 3 เปิดระบบกระจายอากาศตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 3

เมื่อทำการเปิดระบบกระจายอากาศเพื่อให้เกิดการกวนผสมในถังปรับเสมอตามรูปแบบที่ 3 และเก็บตัวอย่างน้ำเสียไปทำการวิเคราะห์ค่าพีเอชและค่าซีโอดี พบว่า ผลการวิเคราะห์ที่ได้มีค่าดังแสดงในตารางที่ 4-4 และภาพที่ 4-26 และผลการทดลองมีดังนี้

ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียที่ 1 ซึ่งเก็บตัวอย่างที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง ดังภาพที่ 4-27 พบว่า มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 7.23 ที่ตำแหน่งที่ 6 บริเวณทางเข้าน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกผิวของถังปรับเสมอ และพบว่ามีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.76 ที่ตำแหน่งที่ 4 บริเวณทางเข้าของน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกก้นของถังปรับเสมอ โดยค่าพีเอชเฉลี่ยของตัวอย่างน้ำเสียที่ 1 ที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 7.45

ตารางที่ 4-4 ค่าพีเอชและค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 3 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 และ 3

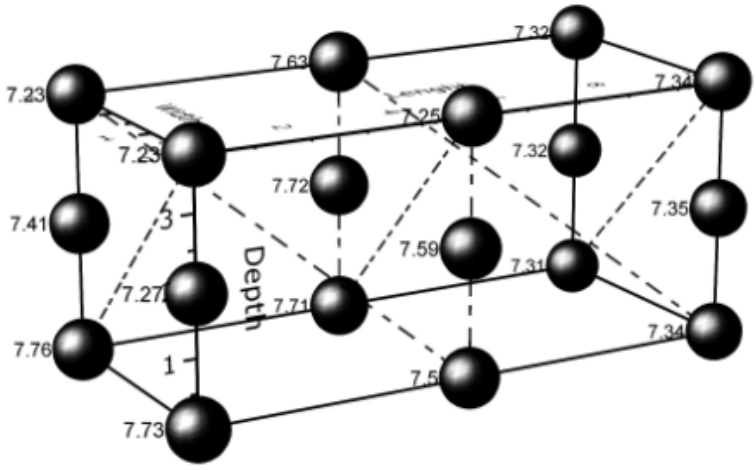
ตัวอย่าง	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
	pH	COD (mg/L)	pH	COD (mg/L)	pH	COD (mg/L)
1	7.73	5,430	7.75	4,080	7.73	4,085
2	7.27	5,325	7.34	3,975	7.27	4,090
3	7.23	5,340	7.25	3,990	7.23	4,010
4	7.76	5,720	7.43	4,370	7.56	4,365
5	7.41	6,120	7.43	4,770	7.41	4,880
6	7.23	8,695	7.35	7,350	7.42	6,350
7	7.50	5,845	7.48	4,495	7.45	4,500
8	7.59	5,765	7.46	4,415	7.36	4,495
9	7.25	5,450	7.32	4,100	7.45	4,250
10	7.71	5,745	7.42	4,395	7.51	4,395
11	7.72	5,750	7.41	4,400	7.49	4,450
12	7.63	5,450	7.44	4,100	7.52	4,125
13	7.34	5,500	7.46	4,150	7.33	4,150
14	7.35	5,395	7.36	4,045	7.44	4,050
15	7.34	5,380	7.36	4,030	7.34	4,155
16	7.31	5,540	7.33	4,190	7.30	4,178
17	7.32	5,395	7.34	4,045	7.33	4,047
18	7.32	5,430	7.34	4,080	7.3	4,090
Variance	0.04	590,962.50	0.01	592,703.59	0.01	294,137.74



ภาพที่ 4-26 ค่าพีเอช ของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 3 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 และ 3

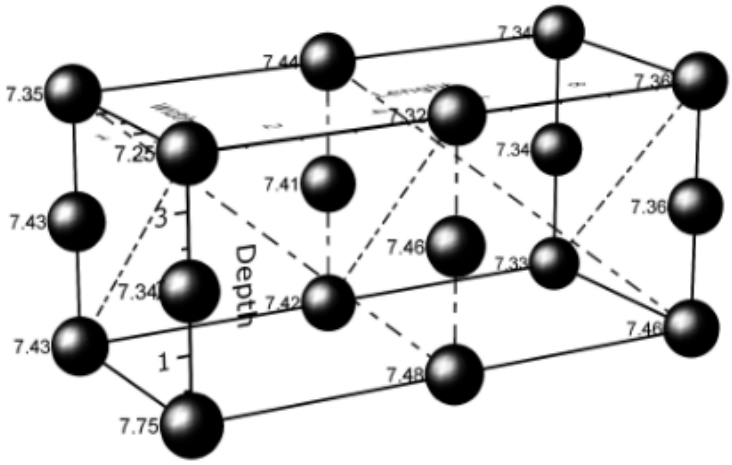
ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 ซึ่งเก็บตัวอย่างที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง ดังภาพที่ 4-28 พบว่า มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 7.25 ที่ตำแหน่งที่ 3 บริเวณทางเข้าน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกผิวของถังปรับเสมอ และพบว่ามีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.75 ที่ตำแหน่งที่ 1 บริเวณทางเข้าของน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกก้นของถังปรับเสมอ โดยค่าพีเอชเฉลี่ยของตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 ที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 7.40

ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียที่ 3 ซึ่งเก็บตัวอย่างที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง ดังภาพที่ 4-29 พบว่า มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 7.23 ที่ตำแหน่งที่ 3 บริเวณทางเข้าน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกผิวของถังปรับเสมอ และพบว่ามีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.73 ที่ตำแหน่งที่ 1 บริเวณทางเข้าของน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอ ที่ระดับความลึกก้นของถังปรับเสมอ โดยค่าพีเอชเฉลี่ยของตัวอย่างน้ำเสียที่ 3 ที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 7.41

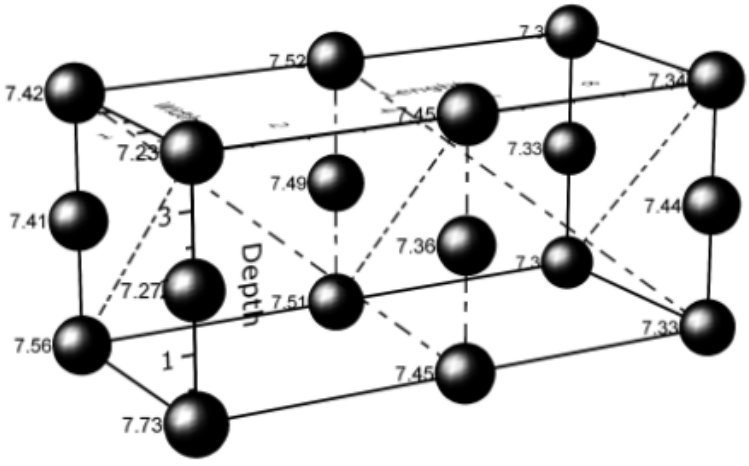


ภาพที่ 4-27 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 3 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 และ 3 ที่เวลากวนผสมที่ 0 ชั่วโมง

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของค่าพีเอชในภาพที่ 4-27 ถึง 4-29 เมื่อรูปแบบการกวนผสมแบบที่ 3 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียที่ 1 ที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง พบว่า มีค่าแปรปรวนในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอมากที่สุดโดยเฉพาะตำแหน่งทางเข้าของน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอ จนถึงบริเวณกลางถังปรับเสมอ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 และที่ 3 ที่เวลากวนผสม 4 และ 8 ชั่วโมงตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการกวนผสมที่ 4 และ 8 ชั่วโมง จากภาพที่ 4-26 ค่าพีเอชในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอ มีค่าแปรปรวนในตำแหน่งทางเข้าของน้ำเสีย จนถึงตำแหน่งกลางถังของถังปรับเสมอ และเริ่มมีค่าใกล้เคียงกันในตำแหน่งที่ 13 ถึง ตำแหน่งที่ 18 ซึ่งเป็นบริเวณทางออกของน้ำเสีย และมีการเปิดการทำงานของระบบการกวนผสมที่ตำแหน่งนี้ เมื่อพิจารณาจากค่าความแปรปรวน (Variance) ดังตารางที่ 4-4 พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.04, 0.01 และ 0.01 ที่เวลากวนผสมเท่ากับ 0, 4 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ นอกจากนี้ ภาพที่ 4-26 ยังแสดงให้เห็นว่าระยะเวลาการกวนผสม ที่ 4 ชั่วโมง ในตำแหน่งที่มีการเปิดการทำงานของเครื่องกระจายอากาศเพื่อการกวนผสมสามารถทำให้ค่าพีเอชในบริเวณนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน

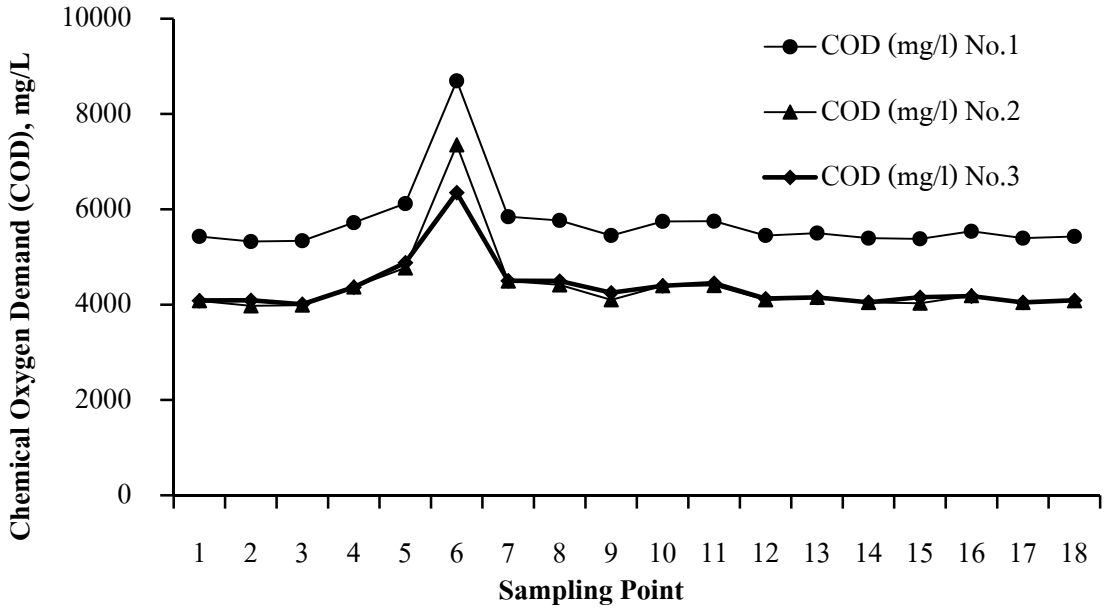


ภาพที่ 4-28 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 3 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 และ 3 ที่เวลากวนผสมที่ 4 ชั่วโมง



ภาพที่ 4-29 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 3 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 และ 3 ที่เวลากวนผสมที่ 8 ชั่วโมง

จากตารางที่ 4-4 และภาพที่ 4-30 แสดงค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสมรูปแบบที่ 3 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 3 และผลการทดลองมีดังนี้



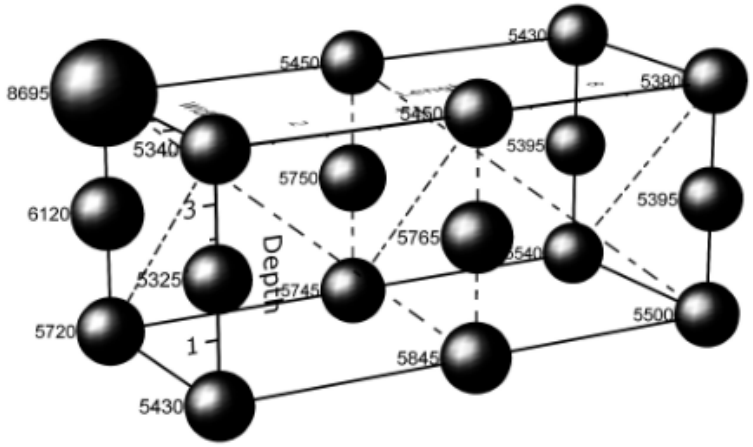
ภาพที่ 4-30 ค่าซีโอดี ของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 3 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 และ 3

ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียที่ 1 ซึ่งเก็บตัวอย่างที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง ดังภาพที่ 4-31 พบว่า มีค่าซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 5,738 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าซีโอดีสูงสุดของตัวอย่างน้ำเสียมีค่าเท่ากับ 8,695 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 6 บริเวณทางเข้าน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกผิวของถังปรับเสมอ และพบว่าค่าซีโอดีต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 5,320 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 2 ซึ่งอยู่บริเวณทางเข้าน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกกลางของถังปรับเสมอ

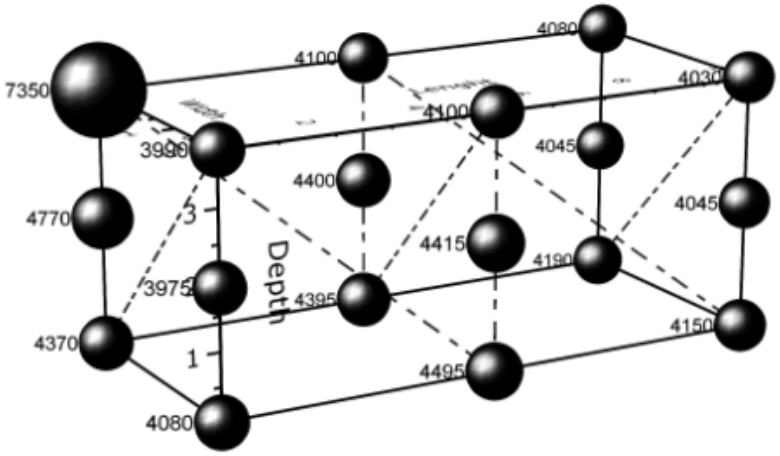
ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 ซึ่งเก็บตัวอย่างที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง เมื่อทำการเปิดระบบกระจายอากาศเพื่อให้เกิดการกวนผสมตามรูปแบบที่ 3 ดังภาพที่ 4-32 พบว่า ค่าซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 4,388 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าซีโอดีสูงสุดของตัวอย่างน้ำเสียมีค่าเท่ากับ 7,350 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 6 บริเวณทางเข้าน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกผิวของถังปรับเสมอ และพบว่ามีค่าซีโอดีต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 3,975 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 2 ซึ่งอยู่บริเวณทางเข้าน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกกลางของถังปรับเสมอ

ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียที่ 3 ซึ่งเก็บตัวอย่างที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง เมื่อทำการเปิดระบบกระจายอากาศเพื่อให้เกิดการกวนผสมตามรูปแบบที่ 3 ดังภาพที่ 4-33 พบว่า มีค่าซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 4,370 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าซีโอดีสูงสุดของตัวอย่างน้ำเสียเท่ากับ 6,350 มิลลิกรัมต่อ

ลิตร ที่ตำแหน่งที่ 6 บริเวณทางเข้าน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกผิวของถังปรับเสมอ และพบว่ามีค่าซีโอดีต่ำสุดเท่ากับ 4,010 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 3 ซึ่งอยู่บริเวณทางเข้าน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกผิวของถังปรับเสมอ

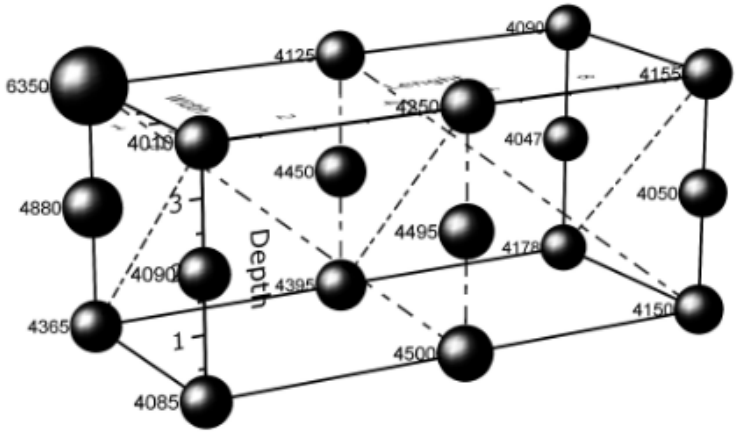


ภาพที่ 4-31 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 3 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 และ 3 ที่เวลากวนผสมที่ 0 ชั่วโมง



ภาพที่ 4-32 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 3 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 และ 3 ที่เวลากวนผสมที่ 4 ชั่วโมง

จากภาพที่ 4-30 แสดงค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียเมื่อเปิดระบบการกวนผสมรูปแบบที่ 3 ที่เวลาการกวนผสมที่แตกต่างกัน ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียที่ 1 จะมีค่าสูงที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง และค่าซีโอดีลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเวลากวนผสมที่ 4 ชั่วโมง ของตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 โดยค่าซีโอดีลดลงเมื่อเทียบกับตัวอย่างน้ำเสียที่ 1 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.4% และเมื่อเพิ่มเวลาการกวนผสม 8 ชั่วโมงของตัวอย่างที่ 3 ค่าซีโอดีที่ได้กลับไม่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 ซึ่งจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระยะเวลาในการกวนผสมที่ 4 ชั่วโมงเป็นระยะเวลาที่เหมาะสม และเมื่อพิจารณาค่าซีโอดีในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอ จากภาพที่ 4-31 ถึง 4-33 ค่าซีโอดีในตำแหน่งที่ 6 จะมีค่าสูงกว่าตำแหน่งอื่นในถังปรับเสมออย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งตำแหน่งดังกล่าวเป็นตำแหน่งทางเข้าของน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอที่ระดับความลึกผิว ซึ่งระหว่างการเก็บตัวอย่างน้ำเสีย อาจมีน้ำเสียไหลเข้าสู่ถังปรับเสมอ ทำให้ค่าซีโอดีที่ได้จึงมีค่าแตกต่าง นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาจากค่าความแปรปรวน พบว่า ความแปรปรวนของค่าซีโอดีภายในถังเท่ากับ 590,963 592,704 และ 294,138 ที่เวลากวนผสมเท่ากับ 0, 4 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ ดังตารางที่ 4-4



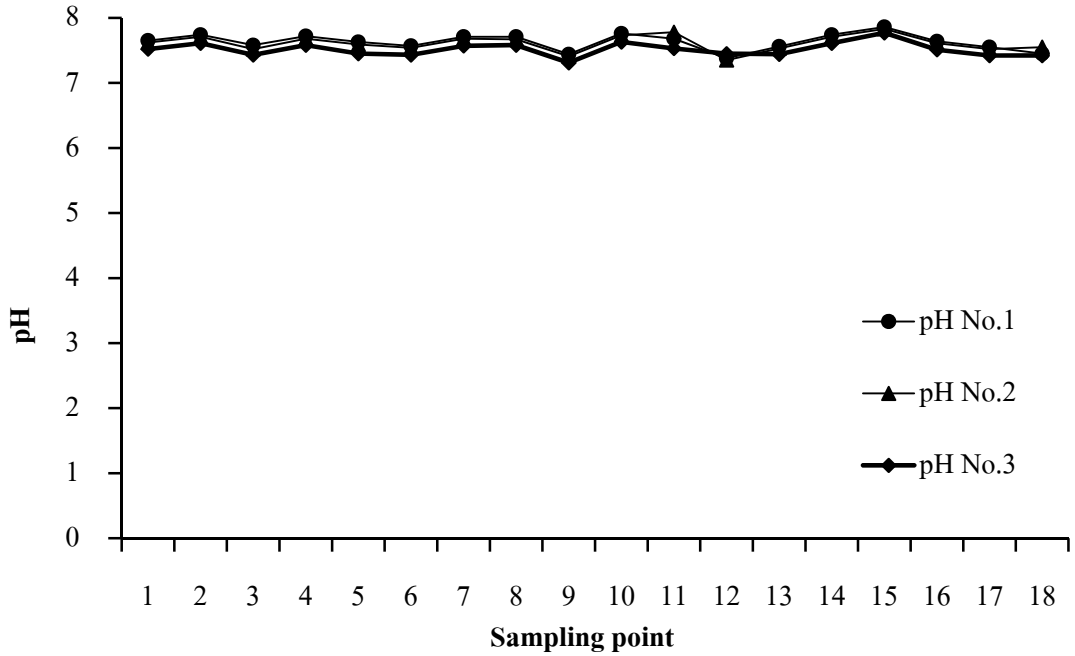
ภาพที่ 4-33 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 3 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 และ 3 ที่เวลากวนผสมที่ 8 ชั่วโมง

จากการทดลองเปิดระบบการกวนผสมรูปแบบที่ 3 ค่าพีเอชของน้ำเสียแต่ละตำแหน่งในถังปรับเสมอ ของตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 และ 3 ในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ และที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง เป็นระยะเวลาที่เพียงพอสำหรับการกวนผสมที่ทำให้ค่าพีเอชคงที่ และค่าซีโอดีลดลง ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการกำจัดสารซีโอดีจากค่า

ซีโอดีตำแหน่งที่ 6 และ 15 ซึ่งเป็นตำแหน่งน้ำไหลเข้าและออกจากถังปรับเสมอ พบว่า มีประสิทธิภาพการกำจัดค่าซีโอดีเท่ากับ 45.17%

4. การทดลองเปิดระบบการกวนผสมรูปแบบที่ 4 เปิดระบบกระจายอากาศตำแหน่งที่ 2 และตำแหน่งที่ 3

เมื่อทำการเปิดระบบกระจายอากาศเพื่อให้เกิดการกวนผสมในถังปรับเสมอตามรูปแบบที่ 4 และเก็บตัวอย่างน้ำเสียไปทำการวิเคราะห์ค่าพีเอชและค่าซีโอดี พบว่า ผลการวิเคราะห์ที่ได้มีค่าดังแสดงในตาราง ที่ 4-5 และภาพที่ 4-34 และผลการทดลองมีดังนี้



ภาพที่ 4-34 ค่าพีเอช ของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 4 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 2 และ 3

ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียที่ 1 ซึ่งเก็บตัวอย่างที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง ดังภาพที่ 4-35 พบว่า มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 7.38 ที่ตำแหน่งที่ 12 บริเวณกลางถังปรับเสมอและที่ระดับความผิวของถังปรับเสมอ และพบว่ามีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.86 ที่ตำแหน่งที่ 15 บริเวณทางออกของน้ำเสียจากถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกผิวของถังปรับเสมอ โดยค่าพีเอชเฉลี่ยของตัวอย่างน้ำเสียที่ 1 ที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 7.63

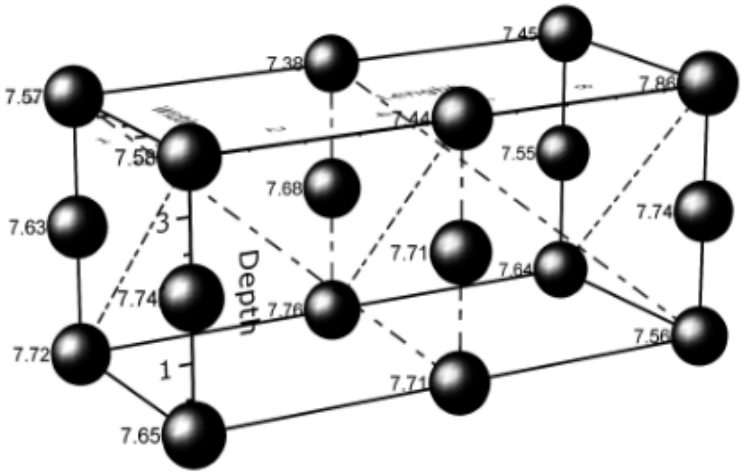
ตารางที่ 4-5 ค่าพีเอชและค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 4 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 2 และ 3

ตัวอย่าง	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
	pH	COD (mg/L)	pH	COD (mg/L)	pH	COD (mg/L)
1	7.65	6,490	7.62	4,145	7.52	6,320
2	7.74	6,529	7.71	4,185	7.61	6,355
3	7.58	6,450	7.52	4,100	7.43	6,275
4	7.72	6,870	7.68	4,524	7.58	6,540
5	7.63	6,950	7.59	4,650	7.45	6,780
6	7.57	7,095	7.54	4,750	7.43	6,915
7	7.71	5,995	7.68	3,650	7.57	5,980
8	7.71	5,970	7.67	3,625	7.58	5,795
9	7.44	5,965	7.41	3,620	7.31	5,799
10	7.76	5,995	7.73	3,659	7.63	5,824
11	7.68	6,010	7.78	3,667	7.53	5,835
12	7.38	5,970	7.35	3,625	7.45	5,795
13	7.56	5,976	7.53	3,631	7.44	5,800
14	7.74	5,899	7.71	3,554	7.61	5,725
15	7.86	6,003	7.83	3,658	7.77	5,830
16	7.64	5,970	7.61	3,625	7.51	5,795
17	7.55	5,978	7.52	3,633	7.42	5,800
18	7.45	5,990	7.55	3,645	7.42	5,820
Variance	0.02	156,479.00	0.02	159,949.52	0.01	142,917.31

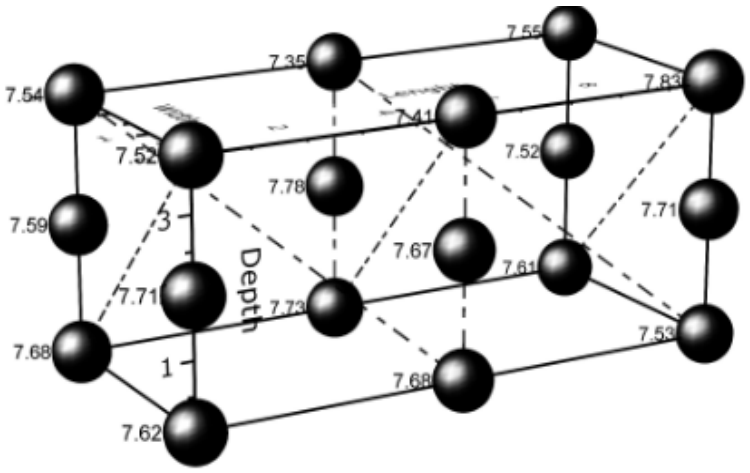
ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 ซึ่งเก็บตัวอย่างที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง ดังภาพที่ 4-36 พบว่า มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 7.35 ที่ตำแหน่งที่ 12 บริเวณกลางถังปรับเสมอและที่ระดับความผิวของถังปรับเสมอ และพบว่ามีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.83 ที่ตำแหน่งที่ 15 บริเวณทางออกของน้ำเสียจากถังปรับ

เสมอและที่ระดับความลึกผิวของถังปรับเสมอ โดยค่าพีเอชเฉลี่ยของตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 ที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 7.61

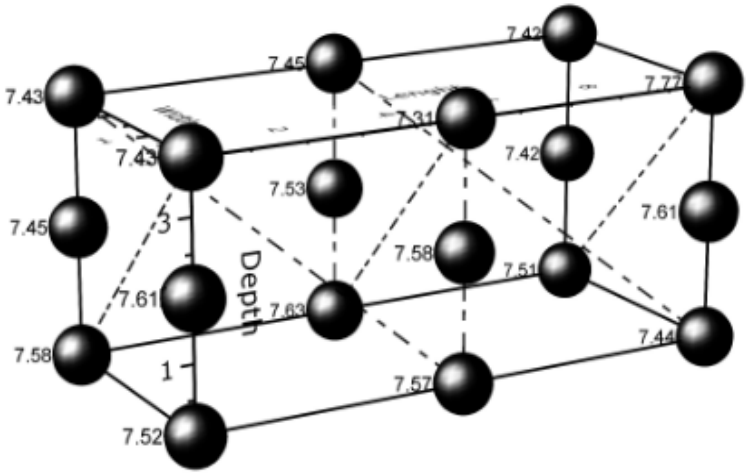
ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียที่ 3 ซึ่งเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง ดังภาพที่ 4-37 พบว่า มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 7.31 ที่ตำแหน่งที่ 9 บริเวณกลางถังปรับเสมอและที่ระดับความผิวของถังปรับเสมอ และพบว่ามีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.77 ที่ตำแหน่งที่ 15 บริเวณทางออกของน้ำเสียจากถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกผิวของถังปรับเสมอ โดยค่าพีเอชเฉลี่ยของตัวอย่างน้ำเสียที่ 3 ที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 7.51



ภาพที่ 4-35 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 4 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 2 และ 3 ที่เวลากวนผสมที่ 0 ชั่วโมง



ภาพที่ 4-36 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 4 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 2 และ 3 ที่เวลากวนผสมที่ 4 ชั่วโมง

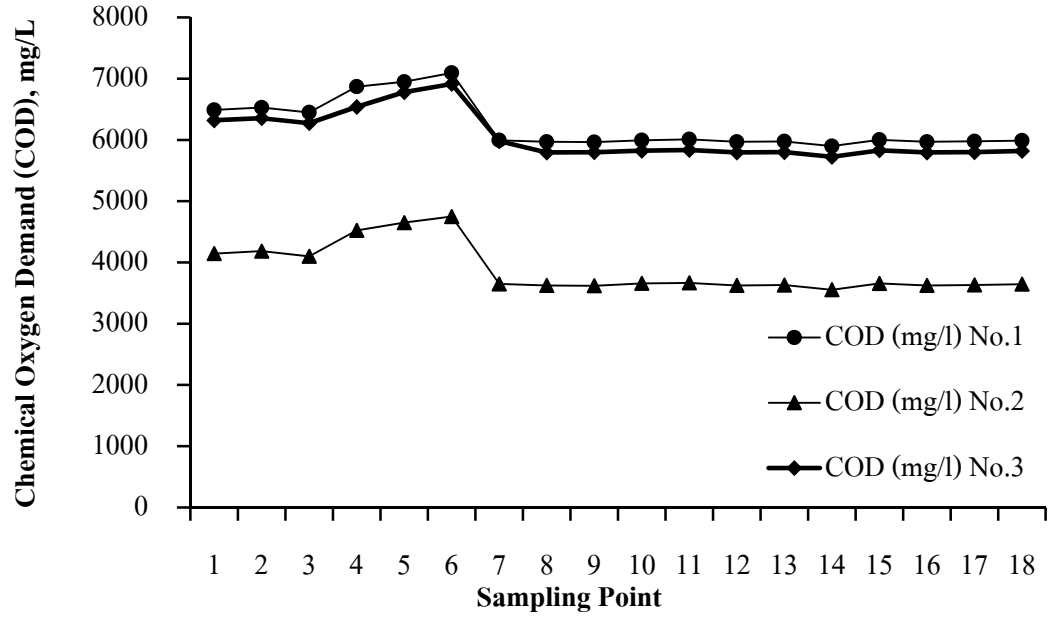


ภาพที่ 4-37 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 4 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 2 และ 3 ที่เวลากวนผสมที่ 8 ชั่วโมง

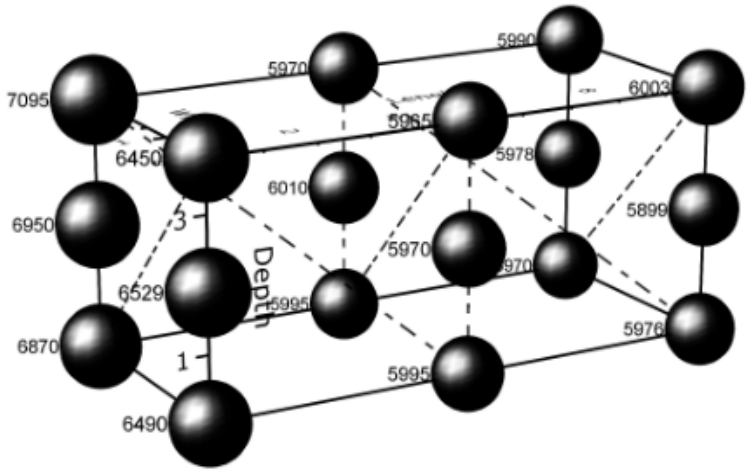
จากภาพที่ 4-34 กราฟเส้นแสดงความสัมพันธ์ของค่าพีเอชตัวอย่างน้ำเสียที่ 1, 2 และ 3 ที่เวลากวนผสม 0, 4 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ พบว่า ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียเฉลี่ยเท่ากับ

7.51-7.61 ที่เวลากวนผสม 4 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงพีเอชที่เหมาะสมสำหรับการตกตะกอนในระบบบำบัดฉัดไป ซึ่งสามารถใช้สารเคมีสำหรับการปรับพีเอชน้อยลง เมื่อพิจารณาจากค่าความแปรปรวน ดังตารางที่ 4-5 เท่ากับ 0.02, 002 และ 0.01 ที่เวลากวนผสมเท่ากับ 0, 4 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ พบว่า ค่าพีเอชมีความแปรปรวนน้อยมาก นอกจากนั้น จากภาพที่ 4-35 ถึง 4-37 แสดงค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียที่ 1, 2 และ 3 ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของถังปรับเสมอมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ตำแหน่งที่ 1 ถึง ตำแหน่งที่ 9 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียมีค่าเปลี่ยนแปลงมากกว่าตำแหน่งอื่น ๆ ของถังปรับเสมอ ทั้งนี้ เนื่องจากเป็นตำแหน่งทางเข้าของน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอ

จากตาราง 4-5 และภาพที่ 4-38 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสมรูปแบบที่ 4 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 2 และ ตำแหน่งที่ 3 และผลการทดลองมีดังนี้



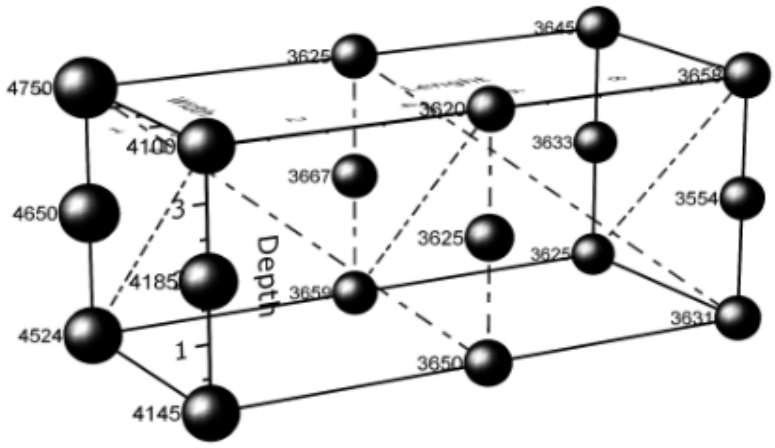
ภาพที่ 4-38 ค่าซีโอดี ของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 4 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 2 และ 3



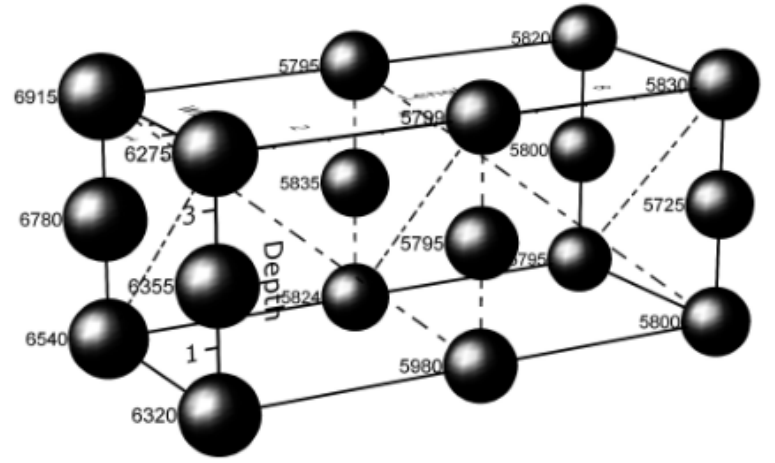
ภาพที่ 4-39 ค่าซีโอดี ของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 4 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 2 และ 3 ที่เวลากวนผสมที่ 0 ชั่วโมง

ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียที่ 1 ซึ่งเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง ดังภาพที่ 4-39 พบว่า มีค่าซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 6,228 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าซีโอดีสูงสุดของตัวอย่างน้ำเสียมีค่าเท่ากับ 7,095 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 6 บริเวณทางเข้าน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกผิวของถังปรับเสมอ และพบว่ามีค่าซีโอดีต่ำสุดเท่ากับ 5,899 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 14 ซึ่งอยู่บริเวณทางออกของน้ำเสียจากถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกกลางของถังปรับเสมอ

ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 เก็บตัวอย่างน้ำเสียที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง เมื่อทำการเปิดระบบกระจายอากาศเพื่อให้เกิดการกวนผสมตามรูปแบบที่ 4 ดังภาพที่ 4-40 พบว่า มีค่าซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 3,886 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าซีโอดีสูงสุดของตัวอย่างน้ำเสียมีค่าเท่ากับ 4,750 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 6 บริเวณทางเข้าน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกผิวของถังปรับเสมอ และพบว่ามีค่าซีโอดีต่ำสุดเท่ากับ 5,554 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 14 ซึ่งอยู่บริเวณทางออกของน้ำเสียจากถังปรับเสมอ และที่ระดับความลึกกลางของถังปรับเสมอ



ภาพที่ 4-40 ค่าซีโอดี ของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 4 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 2 และ 3 ที่เวลากวนผสมที่ 4 ชั่วโมง



ภาพที่ 4-41 ค่าซีโอดี ของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 4 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 2 และ 3 ที่เวลากวนผสมที่ 8 ชั่วโมง

ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียที่ 3 เก็บตัวอย่างน้ำเสียที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง เมื่อทำการเปิดระบบกระจายอากาศเพื่อให้เกิดการกวนผสมตามรูปแบบที่ 4 ดังภาพที่ 4-41 พบว่า ค่าซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 6,055 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าซีโอดีสูงสุดของตัวอย่างน้ำเสียเท่ากับ 6,915 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 6 บริเวณทางเข้าน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกผิวของถังปรับเสมอ

และพบว่ามีค่าซีโอดีต่ำสุดเท่ากับ 5,725 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 14 ซึ่งอยู่บริเวณทางออกของน้ำเสียจากถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกกลางของถังปรับเสมอ เมื่อนำค่าซีโอดีที่ได้มาเขียนความสัมพันธ์แบบกราฟเส้นได้ความสัมพันธ์ดังภาพที่ 4-38 สามารถวิเคราะห์ได้ว่า ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 เมื่อเปิดการกวนผสมในรูปแบบที่ 4 ที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง พบว่ามีค่าซีโอดีลดลงจากตัวอย่างน้ำเสียที่ 1 ที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง มากถึง 37.6% และเมื่อเปิดการกวนผสมต่ออีก 4 ชั่วโมง ของตัวอย่างน้ำเสียที่ 3 ที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง ค่าซีโอดีกลับมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากมีการเติมเข้าของน้ำเสียระหว่างช่วงเวลาชั่วโมงที่ 4 ถึง ชั่วโมงที่ 8 และจากภาพที่ 4-39 ถึง ภาพที่ 4-41 ค่าซีโอดีของทุกชุดตัวอย่างที่ตำแหน่งที่ 7 ถึง ตำแหน่งที่ 18 ค่าซีโอดีที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งตำแหน่งดังกล่าวเป็นตำแหน่งที่มีการเปิดการกวนผสม แสดงให้เห็นว่าการกวนผสมในตำแหน่งที่ 2 และ 3 สามารถทำให้น้ำเสียมีค่าซีโอดีที่ใกล้เคียงกัน

จากการทดลองเปิดระบบการกวนผสมรูปแบบที่ 4 ค่าพีเอชของน้ำเสียแต่ละตำแหน่งในถังปรับเสมอที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง ให้ค่าที่มีความแปรปรวนน้อยที่สุด และค่าซีโอดีลดลงจากค่าตั้งต้นมากที่สุด โดยเมื่อพิจารณาจากค่าความแปรปรวนดังตารางที่ 4-5 พบว่า ความแปรปรวนของค่าซีโอดีภายในถังเท่ากับ 156,479 159,949 และ 142,917 ที่เวลากวนผสมเท่ากับ 0, 4 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพการกำจัดสารซีโอดีจากค่าซีโอดีตำแหน่งที่ 6 และ 15 ซึ่งเป็นตำแหน่งน้ำไหลเข้าและออกจากถังปรับเสมอ พบว่า มีประสิทธิภาพการกำจัดค่าซีโอดีเท่ากับ 23.0%

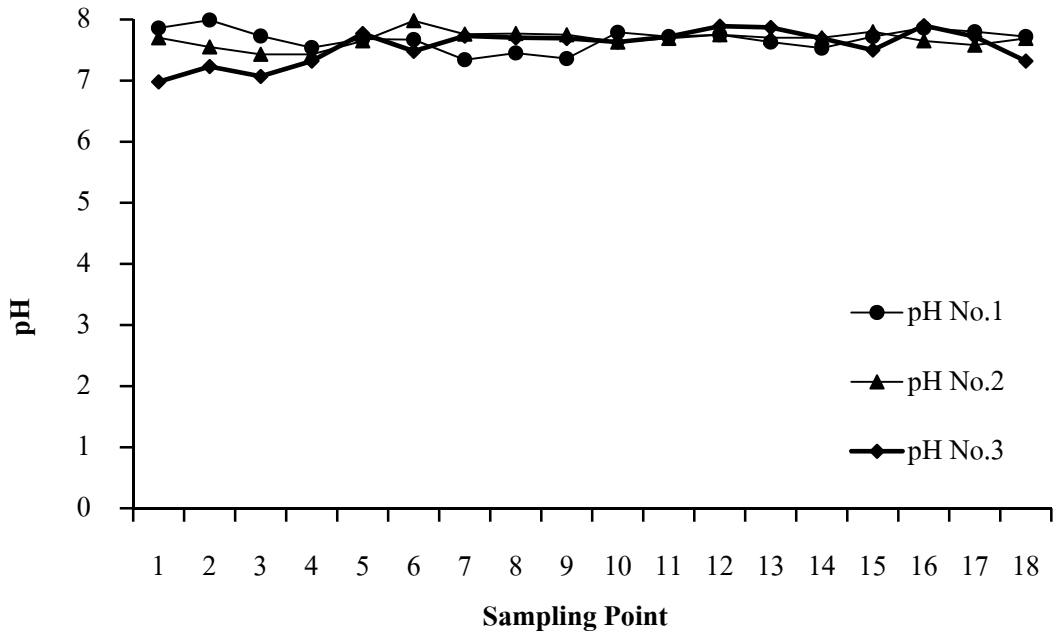
5. การทดลองเปิดระบบการกวนผสมรูปแบบที่ 5 เปิดระบบกระจายอากาศตำแหน่งที่ 1

เมื่อทำการเปิดระบบกระจายอากาศเพื่อให้เกิดการกวนผสมในถังปรับเสมอตามรูปแบบที่ 5 และเก็บตัวอย่างน้ำเสียไปทำการวิเคราะห์ค่าพีเอชและค่าซีโอดี พบว่า ผลการวิเคราะห์ที่ได้มีค่าดังแสดงในตารางที่ 4-6 และภาพที่ 4-42 และผลการทดลองมีดังนี้

ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียที่ 1 ซึ่งเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง ดังภาพที่ 4-43 พบว่า มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 7.34 ที่ตำแหน่งที่ 7 กลางถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกก้นถังปรับเสมอ และพบว่ามีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.99 ที่ตำแหน่งที่ 2 ทางเข้าน้ำเสียสู่ปรับเสมอและที่ระดับความลึกกลางของถังปรับเสมอ โดยค่าพีเอชเฉลี่ยของตัวอย่างน้ำเสียตัวอย่างที่ 1 ที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 7.67

ตารางที่ 4-6 ค่าพีเอชและค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 5 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1

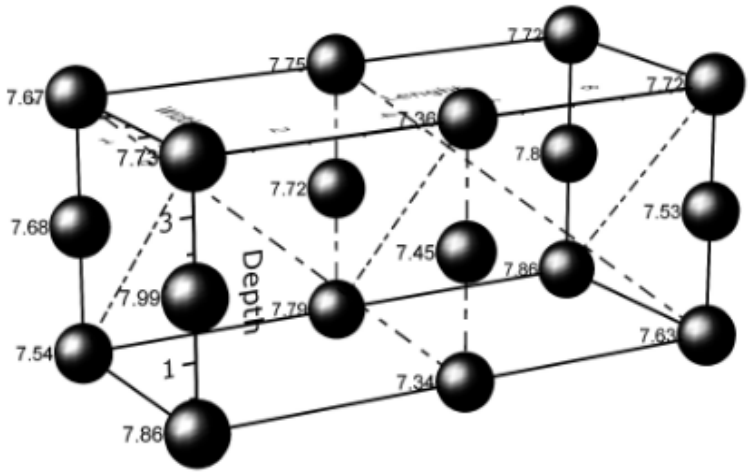
ตัวอย่าง	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
	pH	COD (mg/L)	pH	COD (mg/L)	pH	COD (mg/L)
1	7.86	3,580	7.7	4,680	6.98	5,237
2	7.99	3,475	7.55	5,578	7.23	5,627
3	7.73	4,567	7.43	5,575	7.07	4,986
4	7.54	4,230	7.43	6,330	7.32	5,523
5	7.68	4,250	7.65	7,053	7.77	5,769
6	7.67	6,845	7.98	7,940	7.48	7,231
7	7.34	3,602	7.76	6,700	7.73	6,578
8	7.45	5,575	7.77	6,675	7.7	5,983
9	7.36	4,568	7.75	5,656	7.69	5,634
10	7.79	6,380	7.63	7,869	7.63	6,713
11	7.72	6,245	7.69	6,834	7.72	5,876
12	7.75	4,570	7.75	5,672	7.89	5,687
13	7.63	6,654	7.7	7,754	7.87	6,873
14	7.53	5,347	7.7	6,545	7.69	6,234
15	7.72	4,530	7.8	6,630	7.5	5,980
16	7.86	6,348	7.65	7,795	7.9	7,327
17	7.8	5,980	7.58	6,745	7.72	6,982
18	7.72	5,830	7.69	5,650	7.32	5,987
Variance	0.03	1,257,334.81	0.02	876,818.03	0.08	464,880.33



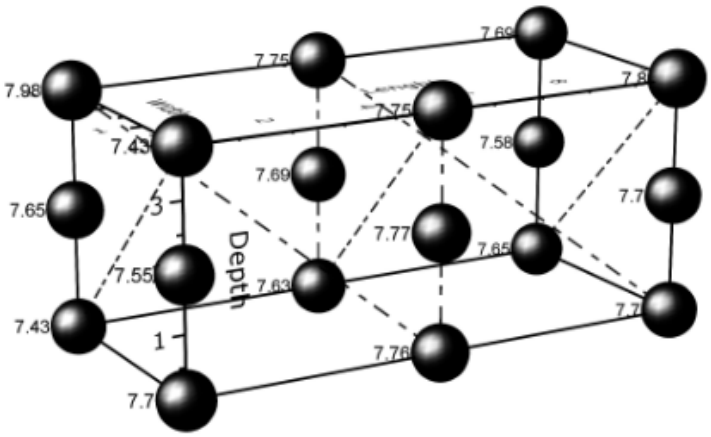
ภาพที่ 4-42 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 5 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1

ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 ซึ่งเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง ดังภาพที่ 4-44 พบว่า มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 7.43 ที่ตำแหน่งที่ 3 บริเวณทางเข้าน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกผิวของถังปรับเสมอ และพบว่ามีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.98 ที่ตำแหน่งที่ 6 ทางเข้าน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกผิวของถังปรับเสมอ โดยค่าพีเอชเฉลี่ยของตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 ที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 7.68

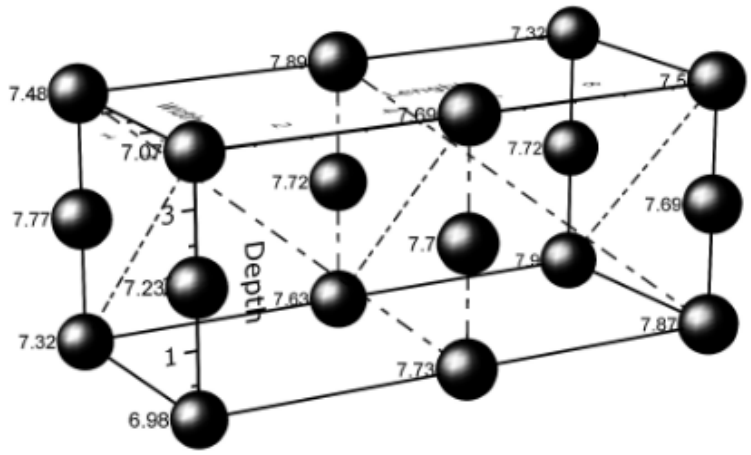
ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียที่ 3 เก็บตัวอย่างน้ำเสียที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง ดังภาพที่ 4-45 พบว่า มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 6.98 ที่ตำแหน่งที่ 1 บริเวณทางเข้าของน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกก้นของถังปรับเสมอ และพบว่ามีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.9 ที่ตำแหน่งที่ 16 ทางออกของน้ำเสียจากถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกก้นของถังปรับเสมอ โดยค่าพีเอชเฉลี่ยของตัวอย่างน้ำเสียที่ 3 ที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 7.57



ภาพที่ 4-43 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 5 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 ที่เวลากวนผสมที่ 0 ชั่วโมง



ภาพที่ 4-44 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 5 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 ที่เวลากวนผสมที่ 4 ชั่วโมง

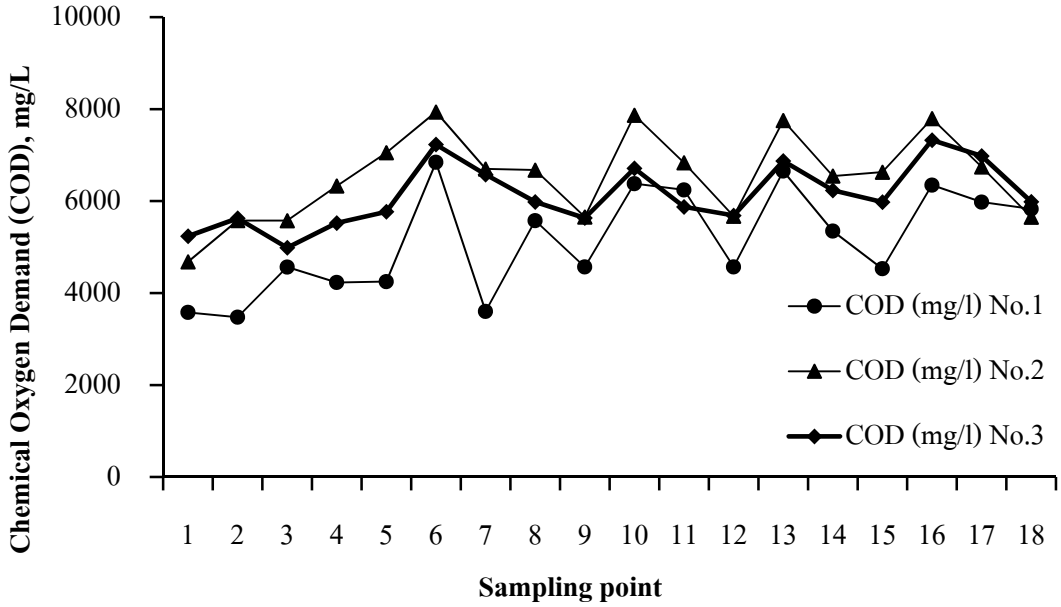


ภาพที่ 4-45 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 5 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 ที่เวลากวนผสมที่ 8 ชั่วโมง

จากค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียเมื่อทำการเปิดการกวนผสมที่ตำแหน่งที่ 1 เพียงตำแหน่งเดียว พบว่า ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียมีค่าแปรปรวนค่อนข้างมากโดยเฉพาะตำแหน่งทางเข้าของน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอ พบว่า ความแปรปรวนของค่าพีเอชภายในถังดังตารางที่ 4-6 เท่ากับ 0.03, 0.02 และ 0.08 ที่เวลากวนผสมเท่ากับ 0, 4 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาการกวนผสมของตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 และ 3 ที่เวลาการกวนผสม 4 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ พบว่า ค่าพีเอชที่ได้ที่ตำแหน่งที่ 7 ถึง 18 ซึ่งเป็นบริเวณกลางถังปรับเสมอจนถึงทางออกของน้ำเสียจากถังปรับเสมอค่าความแปรปรวนของค่าพีเอชลดลง ภาพที่ 4-43 ถึง 4-45 แสดงค่าพีเอชของน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอ ที่เวลากวนผสมที่แตกต่างกัน จะเห็นว่าที่เวลากวนผสมที่ 4 ชั่วโมง ค่าพีเอชในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอมีค่าแปรปรวนน้อยที่สุด

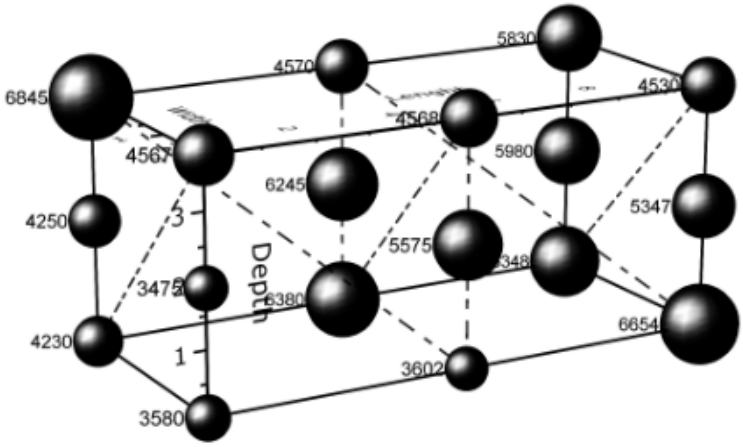
จากตารางที่ 4-6 และภาพที่ 4-46 ค่าซีโอดี ของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสมรูปแบบที่ 5 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 และผลการทดลองมีดังนี้

ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียที่ 1 ซึ่งเก็บตัวอย่างที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง ดังภาพที่ 4-47 พบว่า มีค่าซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 5,143 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าซีโอดีสูงสุดของตัวอย่างน้ำเสียมีค่าเท่ากับ 6,845 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 6 บริเวณทางเข้าของน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกผิวของถังปรับเสมอ และพบว่ามีค่าซีโอดีต่ำสุดเท่ากับ 3,475 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 2 ซึ่งอยู่บริเวณทางเข้าน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกกลางถังปรับเสมอ

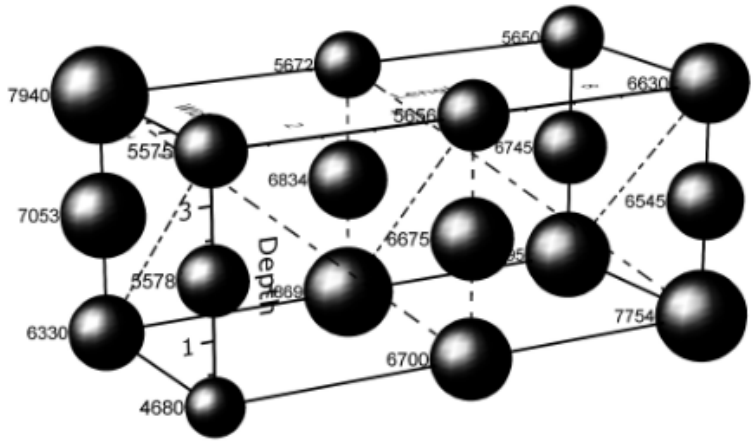


ภาพที่ 4-46 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสมรูปแบบที่ 5 เปิดระบบกระจายอากาศตำแหน่งที่ 1

ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 ซึ่งเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง เมื่อทำการเปิดระบบกระจายอากาศเพื่อให้เกิดการกวนผสมตามรูปแบบที่ 5 ดังภาพที่ 4-48 พบว่ามีค่าซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 6,537 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าซีโอดีสูงสุดของตัวอย่างน้ำเสียมีค่าเท่ากับ 7,946 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 6 บริเวณทางเข้าของน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกผิว และพบว่ามีค่าซีโอดีต่ำสุดเท่ากับ 4,680 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 1 ซึ่งอยู่บริเวณทางเข้าน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกก้นของถังปรับเสมอ



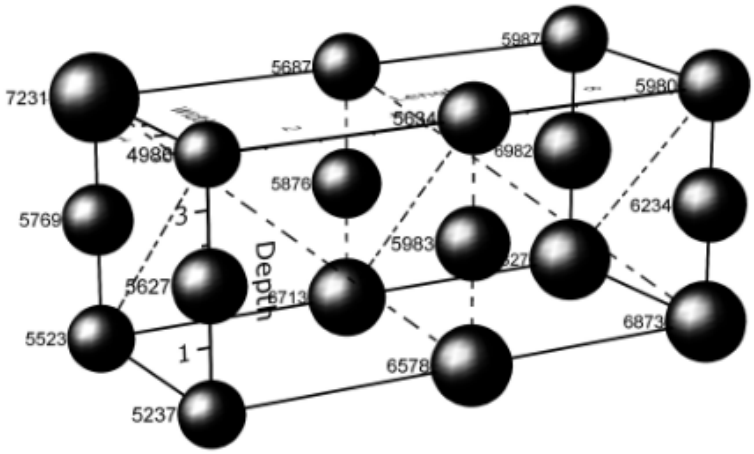
ภาพที่ 4-47 ค่าซีโอดี ของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 5 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 ที่เวลากวนผสมที่ 0 ชั่วโมง



ภาพที่ 4-48 ค่าซีโอดี ของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 5 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 ที่เวลากวนผสมที่ 4 ชั่วโมง

ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียที่ 3 ซึ่งเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง เมื่อทำการเปิดระบบกระจายอากาศเพื่อให้เกิดการกวนผสมตามรูปแบบที่ 5 ดังภาพที่ 4-49 พบว่า มีค่าซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 6,124 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าซีโอดีสูงสุดของตัวอย่างน้ำเสียมีค่าเท่ากับ 7,327 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 16 บริเวณทางออกของน้ำเสียจากถังปรับเสมอและที่ระดับ

ความลึกก้นของถังปรับเสมอ และพบว่ามีค่าซีโอดีต่ำสุดเท่ากับ 4,986 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 3 ซึ่งอยู่บริเวณทางเข้าน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกผิวของถังปรับเสมอ



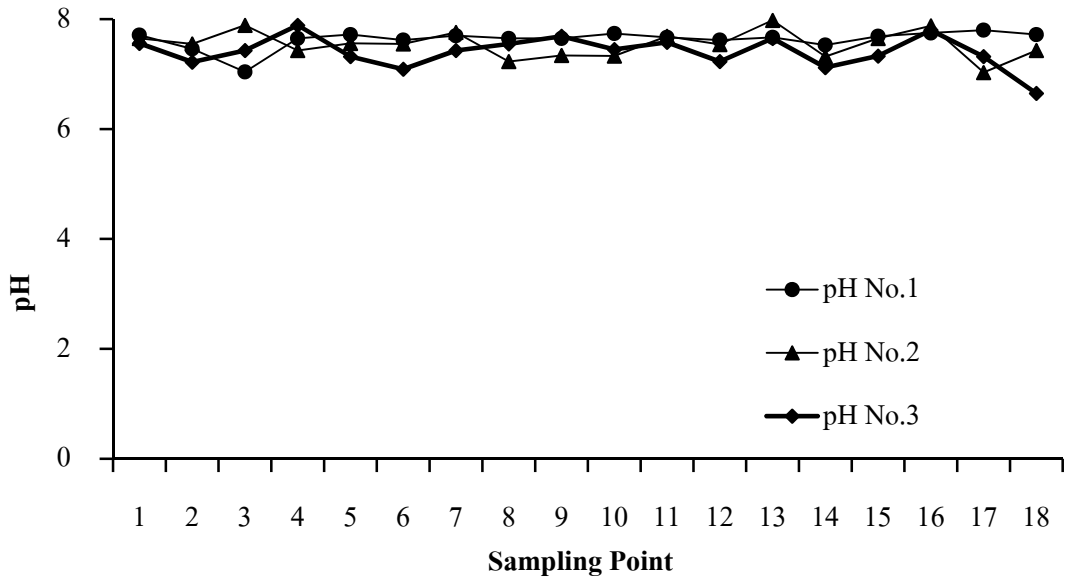
ภาพที่ 4-49 ค่าซีโอดี ของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 5 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 1 ที่เวลากวนผสมที่ 8 ชั่วโมง

ภาพที่ 4-47 ถึง 4-48 แสดงค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียที่ 1, 2 และ 3 ที่เวลากวนผสม 0, 4 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ ในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอ พบว่า ค่าซีโอดีที่ได้มีค่าค่อนข้างแปรปรวนและสูงมากขึ้นในตำแหน่งทางออกของน้ำเสียจากถังปรับเสมอ ดังตารางที่ 4-6 พบว่าความแปรปรวนของค่าซีโอดีภายในถังเท่ากับ 1,257,335 876,818 และ 464,880 ที่เวลากวนผสมเท่ากับ 0, 4 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ เพราะไม่มีการเปิดระบบกระจายอากาศในตำแหน่งกลางและทางออกของถังปรับเสมอ ทำให้ของแข็งแขวนลอยที่อยู่ในน้ำเสีย เริ่มนิ่งและตกตะกอนลงอีกครั้งในตำแหน่งนี้ทำให้ค่าซีโอดีมีค่าไม่คงที่และสูงขึ้นกว่าตัวอย่างทั้งสามชุด เมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 และ 3 ที่เวลากวนผสมห่างกัน 4 ชั่วโมง ค่าซีโอดีลดลงเพียงแค่ 6.33% ดังแสดงในภาพที่ 4-46

จากการทดลองเปิดระบบการกวนผสมรูปแบบที่ 5 ค่าพีเอชของน้ำเสียแต่ละตำแหน่งในถังปรับเสมอมีค่าค่อนข้างไม่คงที่และค่าซีโอดีลดลงจากค่าตั้งต้นเพียงเล็กน้อย และใช้เวลากวนผสมถึง 8 ชั่วโมง ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการกำจัดสารซีโอดีจากค่าซีโอดีตำแหน่งที่ 6 และ 15 ซึ่งเป็นตำแหน่งน้ำไหลเข้าและออกจากถังปรับเสมอ พบว่า มีประสิทธิภาพการกำจัดค่าซีโอดีเท่ากับ 16.5%

6. การทดลองเปิดระบบการกวนผสมรูปแบบที่ 6 เปิดระบบกระจายอากาศตำแหน่งที่ 2

เมื่อทำการเปิดระบบกระจายอากาศเพื่อให้เกิดการกวนผสมในถังปรับเสมอตามรูปแบบที่ 6 และเก็บตัวอย่างน้ำเสียไปทำการวิเคราะห์ค่าพีเอชและค่าซีโอดี พบว่า ผลการวิเคราะห์ที่ได้มีค่าดังแสดงในตารางที่ 4-7 และภาพที่ 4-50 และผลการทดลองมีดังนี้



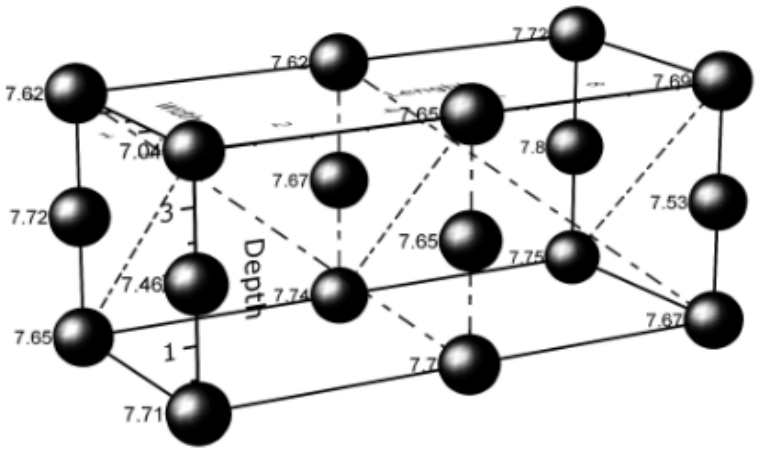
ภาพที่ 4-50 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสมรูปแบบที่ 6 เปิดระบบกระจายอากาศตำแหน่งที่ 2

ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียที่ 1 ซึ่งเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง ดังภาพที่ 4-51 พบว่า มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 7.04 ที่ตำแหน่งที่ 3 บริเวณทางเข้าของน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกผิวของถังปรับเสมอ และพบว่ามีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.80 ที่ตำแหน่งที่ 17 ทางออกน้ำเสียจากถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกกลางของถังปรับเสมอ โดยค่าพีเอชเฉลี่ยของตัวอย่างน้ำเสียที่ 1 ที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 7.63

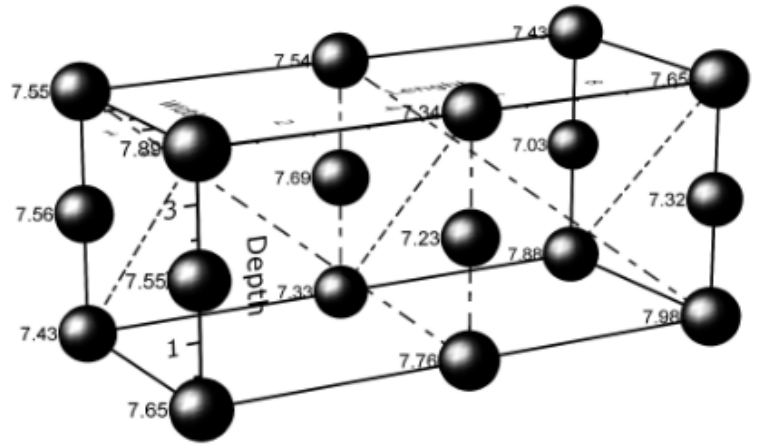
ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 ซึ่งเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง ดังภาพที่ 4-52 พบว่า มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 7.03 ที่ตำแหน่งที่ 17 บริเวณออกของน้ำเสียจากถังปรับเสมอและที่ระดับความกลางถังปรับเสมอ และพบว่ามีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.98 ที่ตำแหน่งที่ 13 ทางออกน้ำเสียจากถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกก้นถังปรับเสมอ โดยค่าพีเอชเฉลี่ยของตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 ที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 7.55

ตารางที่ 4-7 ค่าพีเอชและค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 6 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 2

ตัวอย่าง	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
	pH	COD (mg/L)	pH	COD (mg/L)	pH	COD (mg/L)
1	7.71	4,983	7.65	4,680	7.56	4,967
2	7.46	4,969	7.55	5,578	7.22	4,356
3	7.04	4,567	7.89	5,575	7.43	5,934
4	7.65	5,894	7.43	6,330	7.89	5,523
5	7.72	5,639	7.56	7,053	7.32	5,769
6	7.62	7,563	7.55	7,940	7.09	6,548
7	7.7	5,698	7.76	6,754	7.43	5,923
8	7.65	5,575	7.23	6,673	7.55	5,981
9	7.65	5,198	7.34	5,956	7.69	5,734
10	7.74	6,023	7.33	6,769	7.45	6,113
11	7.67	6,341	7.69	6,832	7.58	5,876
12	7.62	5,998	7.54	6,672	7.23	5,887
13	7.67	6,655	7.98	7,854	7.65	6,873
14	7.53	5,447	7.32	6,545	7.12	6,834
15	7.69	4,654	7.65	6,730	7.33	5,980
16	7.75	6,348	7.88	7,795	7.8	6,927
17	7.8	6,231	7.03	6,745	7.32	6,982
18	7.72	5,843	7.43	6,879	6.65	5,987
Variance	0.03	555,876.12	0.06	675,792.81	0.09	456,067.71



ภาพที่ 4-51 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 6 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 2 ที่เวลากวนผสมที่ 0 ชั่วโมง

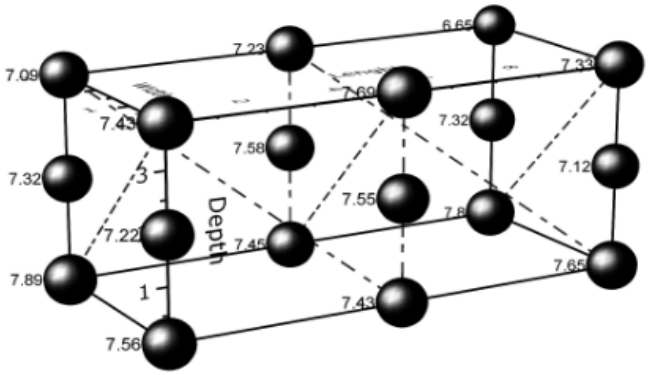


ภาพที่ 4-52 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 6 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 2 ที่เวลากวนผสมที่ 4 ชั่วโมง

ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียที่ 3 ซึ่งเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง ดังภาพที่ 4-53 พบว่า มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 6.65 ที่ตำแหน่งที่ 18 บริเวณออกของน้ำเสียจากถังปรับเสมอและที่ระดับผิวของถังปรับเสมอ และพบว่ามีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.89 ที่ตำแหน่งที่ 4 ทางเข้าน้ำเสียสู่ถังปรับ

เสมอและที่ระดับความลึกก้นถังปรับเสมอ โดยค่าพีเอชเฉลี่ยของตัวอย่างน้ำเสียที่ 3 ที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 7.41

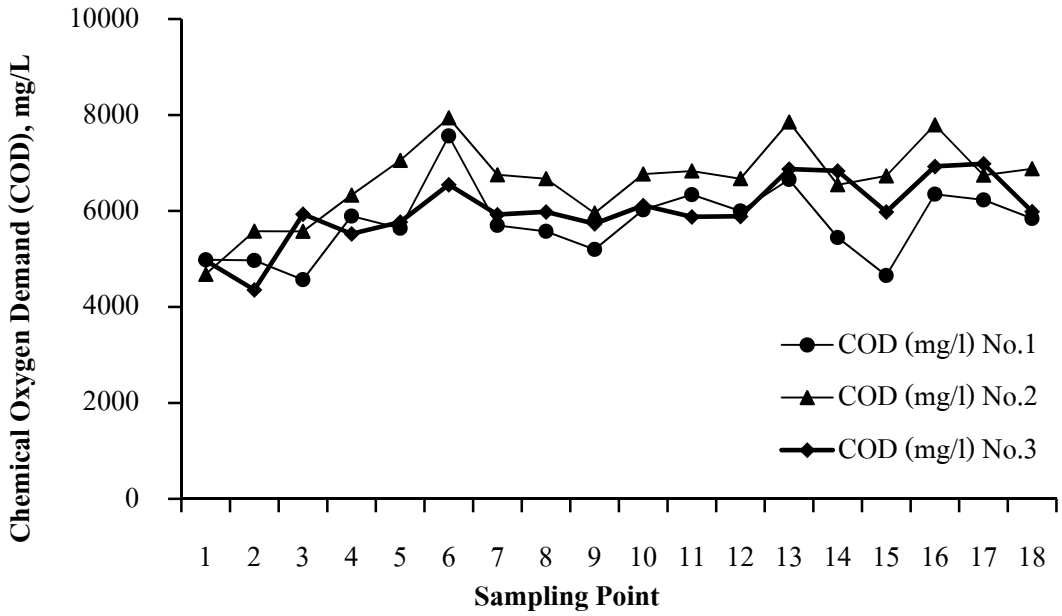
เมื่อเปรียบเทียบค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียเมื่อเปิดการกวนผสมในรูปแบบที่ 6 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียที่ 1, 2 และ 3 ที่เวลากวนผสม 0, 4 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ ค่าพีเอชภายในถังปรับเสมอที่ตำแหน่งต่างกันมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่พบว่าความแปรปรวนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยหากพิจารณาจากค่าความแปรปรวนจากตารางที่ 4-7 พบว่า 0.03, 0.06 และ 0.09 ที่เวลากวนผสมเท่ากับ 0, 4 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาภาพที่ 4-50 บริเวณทางออกของน้ำเสียจากถังปรับเสมอค่าพีเอชเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงซึ่งในตำแหน่งดังกล่าวไม่มีการเปิดระบบการกวนผสม



ภาพที่ 4-53 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 6 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 2 ที่เวลากวนผสมที่ 8 ชั่วโมง

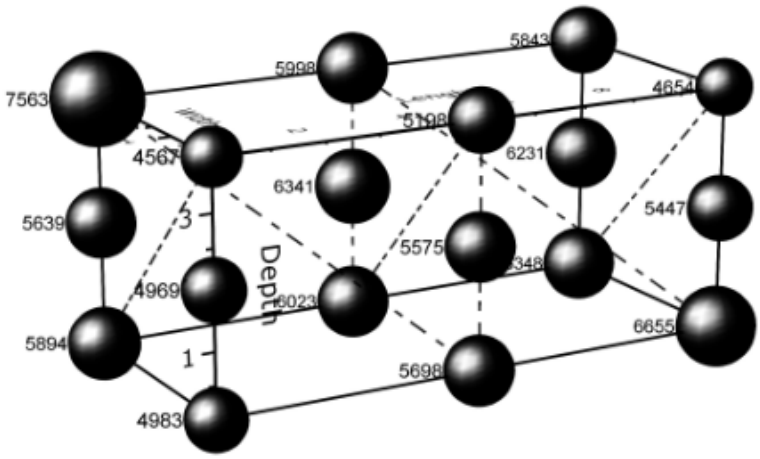
จากตารางที่ 4-7 และภาพที่ 4-54 พบว่า ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสมรูปแบบที่ 6 เปิดระบบกระจายอากาศตำแหน่งที่ 2 และผลการทดลองมีดังนี้

ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียที่ 1 ซึ่งเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง ดังภาพที่ 4-55 พบว่า มีค่าซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 5,757 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าซีโอดีสูงสุดของตัวอย่างน้ำเสียมีค่า 7,563 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 6 บริเวณทางเข้าของน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกผิวของถังปรับเสมอ และพบว่ามีค่าซีโอดีต่ำสุดเท่ากับ 4,567 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 3 ซึ่งอยู่บริเวณทางเข้าน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกผิวของถังปรับเสมอ

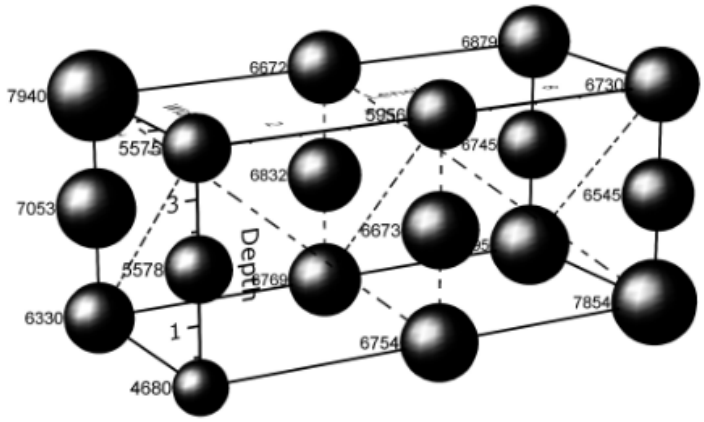


ภาพที่ 4-54 ค่าซีโอดี ของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 6 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 2

ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 ซึ่งเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง เมื่อทำการเปิดระบบกระจายอากาศเพื่อให้เกิดการกวนผสมตามรูปแบบที่ 6 ดังภาพที่ 4-56 พบว่า มีค่าซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 6,631 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าซีโอดีสูงสุดของตัวอย่างน้ำเสียมีค่าเท่ากับ 7,940 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 6 บริเวณทางเข้าของน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกผิวของถังปรับเสมอ และพบว่ามีค่าซีโอดีต่ำสุดเท่ากับ 4,680 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 1 ซึ่งอยู่บริเวณทางเข้าน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกก้นถังปรับเสมอ



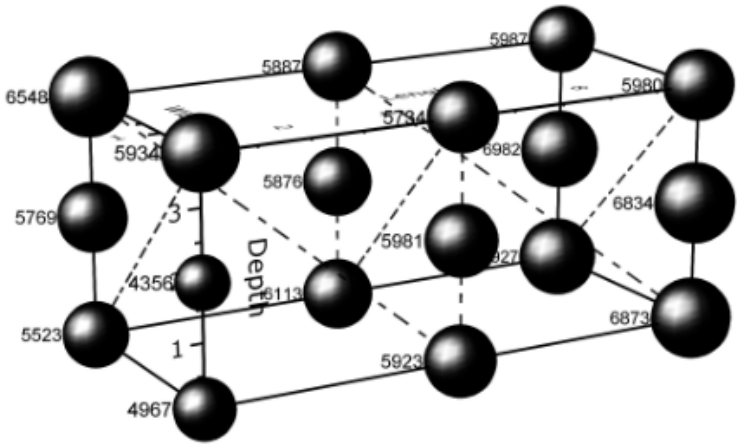
ภาพที่ 4-55 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 6 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 2 ที่เวลากวนผสมที่ 0 ชั่วโมง



ภาพที่ 4-56 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 6 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 2 ที่เวลากวนผสมที่ 4 ชั่วโมง

ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียที่ 3 ซึ่งเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง เมื่อทำการเปิดระบบกระจายอากาศเพื่อให้เกิดการกวนผสมตามรูปแบบ ที่ 6 ดังภาพที่ 4-57 พบว่ามีค่าซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 6,011 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าซีโอดีสูงสุดของตัวอย่างน้ำเสียมีค่า

6,982 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 17 บริเวณทางออกน้ำเสียจากถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกกลางของถังปรับเสมอ และพบว่า มีค่าซีโอดีต่ำสุดเท่ากับ 4,356 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 2 ซึ่งอยู่บริเวณทางเข้าน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกกลางถังปรับเสมอ



ภาพที่ 4-57 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 6 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 2 ที่เวลากวนผสมที่ 8 ชั่วโมง

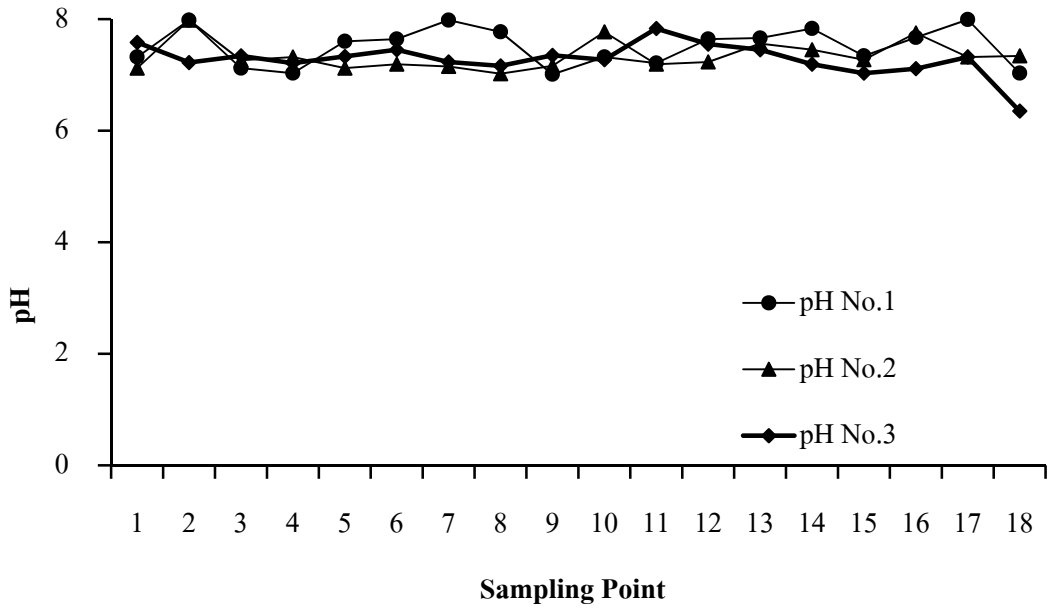
เมื่อพิจารณาค่าซีโอดีในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอเมื่อเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 6 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียที่ 1, 2 และ 3 ที่เวลากวนผสม 0, 4 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ พบว่าค่าซีโอดีมีการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบเดียวกัน คือ ตำแหน่งที่ 1 ถึง ตำแหน่งที่ 6 ซึ่งเป็นตำแหน่งทางเข้าของน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอ และตำแหน่งที่ 13 ถึง ตำแหน่งที่ 18 ซึ่งเป็นตำแหน่งทางออกของน้ำเสียจากถังปรับเสมอ ซึ่งในตำแหน่งนี้สารแขวนลอยอาจเริ่มมีการตกตะกอนทำให้ค่าซีโอดีมีค่าเปลี่ยนแปลง และเมื่อพิจารณาค่าซีโอดีที่ตำแหน่งที่ 7 ถึง ตำแหน่ง ที่ 2 ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการเปิดระบบการกวนผสม ค่าซีโอดีที่ได้ของทั้ง 3 ชุดตัวอย่างมีค่าความเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อย การเปลี่ยนแปลงของค่าซีโอดีดังแสดงในภาพที่ 4-54 ถึง ภาพที่ 4-57 เมื่อพิจารณาจากค่าความแปรปรวน ดังตารางที่ 4-7 พบว่า ความแปรปรวนของค่าซีโอดีภายในถังเท่ากับ 555,876 675,793 และ 456,068 ที่เวลากวนผสมเท่ากับ 0, 4 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ

จากการทดลองเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 5 ค่าพีเอชของน้ำเสียแต่ละตำแหน่งในถังปรับเสมอมีค่าค่อนข้างไม่คงที่โดยเฉพาะตำแหน่งทางเข้าของน้ำเสีย และค่าซีโอดีลดลงจากค่าตั้งต้นเพียงเล็กน้อย เมื่อใช้เวลากวนผสมถึง 8 ชั่วโมง ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการกำจัดสาร

ซีโอดีจากค่าซีโอดีตำแหน่งที่ 6 และ 15 ซึ่งเป็นตำแหน่งน้ำไหลเข้าและออกจากถังปรับเสมอที่เวลากวนผสมเท่ากับ 4 ชั่วโมง พบว่า มีประสิทธิภาพการกำจัดค่าซีโอดีเท่ากับ 15.24%

7. การทดลองเปิดระบบการกวนผสมรูปแบบที่ 7 เปิดระบบกระจายอากาศตำแหน่งที่ 3

เมื่อทำการเปิดระบบกระจายอากาศเพื่อให้เกิดการกวนผสมในถังปรับเสมอตามรูปแบบที่ 7 และเก็บตัวอย่างน้ำเสียไปทำการวิเคราะห์ค่าพีเอชและค่าซีโอดี พบว่าผลการวิเคราะห์ที่ได้มีค่าดังแสดงในตารางที่ 4-8 และภาพที่ 4-58 และผลการทดลองมีดังนี้



ภาพที่ 4-58 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสมรูปแบบที่ 7 เปิดระบบกระจายอากาศตำแหน่งที่ 3

ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียที่ 1 ซึ่งเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง ดังภาพที่ 4-59 พบว่า มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 7.01 ที่ตำแหน่งที่ 9 บริเวณกลางถังปรับเสมอและที่ความลึกระดับความลึกผิวของถังปรับเสมอ และพบว่ามีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.99 ที่ตำแหน่งที่ 17 ทางออกน้ำเสียจากถังปรับเสมอ ระดับความลึกกลางถังปรับเสมอ โดยค่าพีเอชเฉลี่ยของตัวอย่างน้ำเสียที่ 1 ที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 7.51

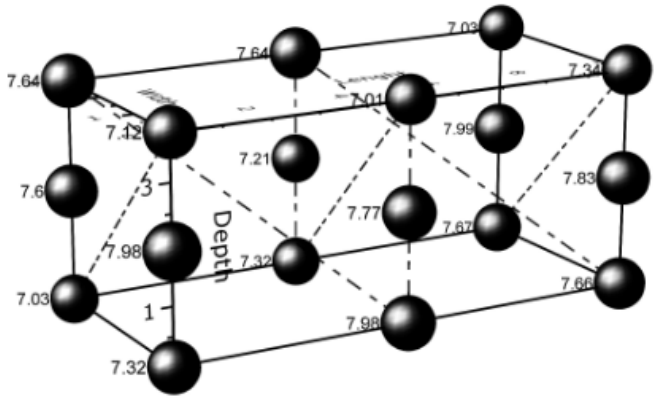
ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 ซึ่งเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง ดังภาพที่ 4-60 พบว่า มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 7.02 ที่ตำแหน่งที่ 8 บริเวณกลางถังปรับเสมอและที่ความลึกระดับ

ความลึกกลางของถังปรับเสมอ และพบว่ามีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.98 ที่ตำแหน่งที่ 2 บริเวณทางเข้าน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกกลางถังปรับเสมอ โดยค่าพีเอชเฉลี่ยของตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 ที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 7.34

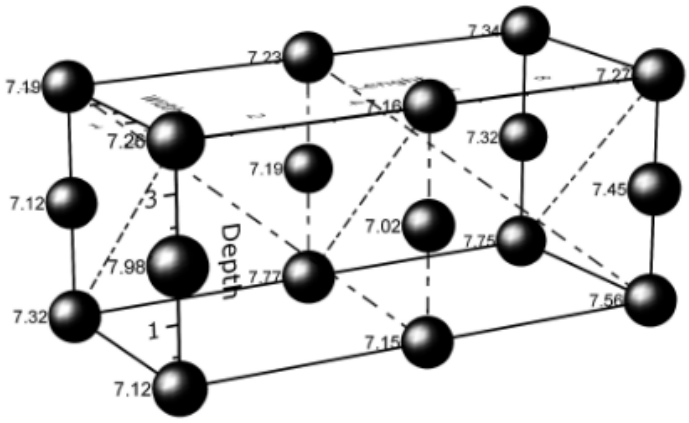
ตารางที่ 4-8 ค่าพีเอชและค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 7 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 3

ตัวอย่าง	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
	pH	COD (mg/L)	pH	COD (mg/L)	pH	COD (mg/L)
1	7.32	4,983	7.12	5,764	7.58	5,768
2	7.98	5,139	7.98	5,578	7.22	5,812
3	7.12	5,567	7.26	5,575	7.34	5,897
4	7.03	5,994	7.32	6,330	7.21	5,523
5	7.6	5,639	7.12	7,053	7.33	6,453
6	7.64	7,563	7.19	6,984	7.45	7,439
7	7.98	6,564	7.15	5,872	7.23	5,923
8	7.77	6,432	7.02	6,673	7.16	6,127
9	7.01	5,498	7.16	5,783	7.35	5,734
10	7.32	6,578	7.77	6,538	7.27	7,011
11	7.21	6,701	7.19	5,923	7.83	6,823
12	7.64	5,998	7.23	6,698	7.55	5,832
13	7.66	5,734	7.56	6,349	7.45	5,765
14	7.83	5,435	7.45	6,598	7.19	5,873
15	7.34	5,365	7.27	6,730	7.03	5,980
16	7.67	5,464	7.75	6,598	7.11	5,999
17	7.99	5,593	7.32	6,652	7.32	5,754
18	7.03	5,782	7.34	6,653	6.35	5,637
Variance	0.12	423,322.85	0.07	228,230.97	0.09	269,794.94

ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียที่ 3 ซึ่งเก็บที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง ดังภาพที่ 4-61 พบว่า มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 6.35 ที่ตำแหน่งที่ 18 บริเวณทางออกของน้ำเสียจากถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกผิวของถังปรับเสมอ และพบว่ามีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.83 ที่ตำแหน่งที่ 11 บริเวณกลางถังของถังปรับเสมอ และระดับความลึกกลางถังปรับเสมอ โดยค่าพีเอชเฉลี่ยของตัวอย่างน้ำเสียที่ 3 ที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 7.28

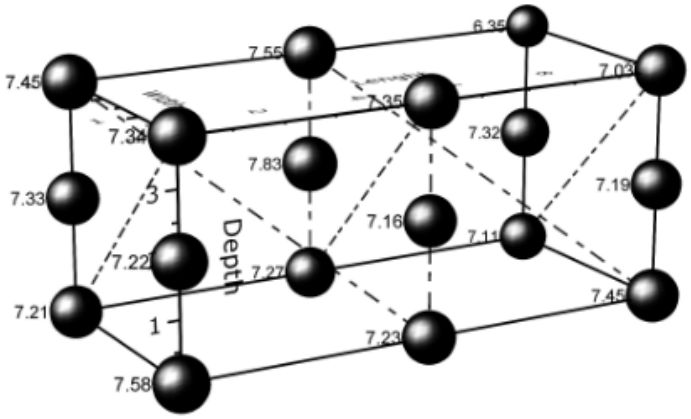


ภาพที่ 4-59 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 7 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 3 ที่เวลากวนผสมที่ 0 ชั่วโมง



ภาพที่ 4-60 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 7 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 3 ที่เวลาการกวนผสมที่ 4 ชั่วโมง

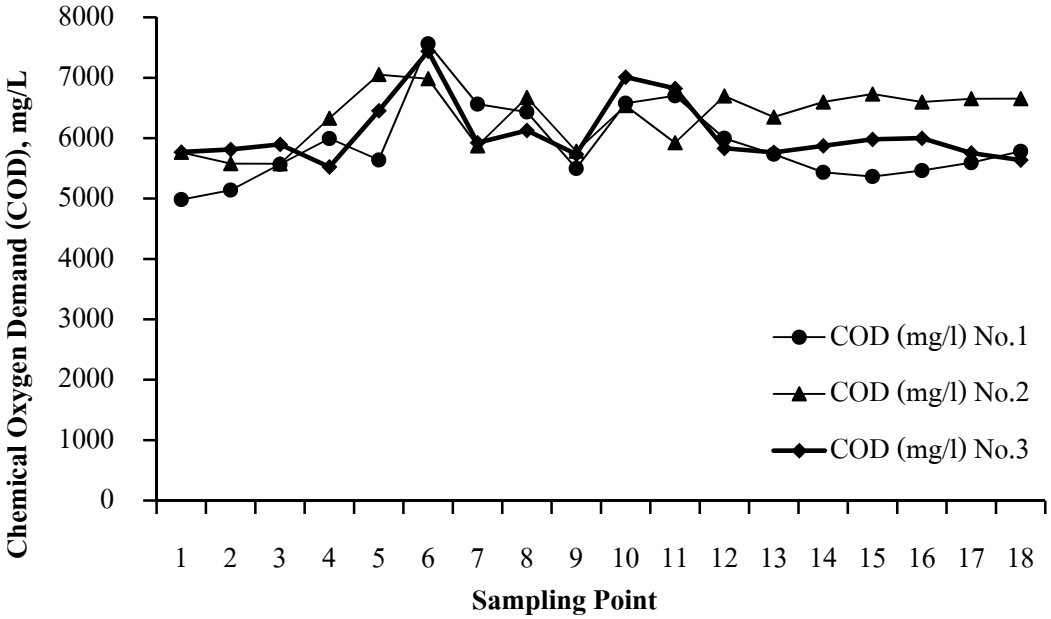
จากภาพที่ 4-59 ถึง 4-61 แสดงค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียที่ 1, 2 และ 3 ที่เวลากวนผสม 0, 4 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ จากภาพที่ 4-58 ค่าพีเอชในแต่ตำแหน่งของถังปรับเสมอมีค่าแปรปรวนมากกว่าค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 และ 3 ที่มีการกวนผสม 4 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ โดยค่าความแปรปรวน ดังตารางที่ 4-8 พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.12, 0.07 และ 0.09 ที่เวลากวนผสมเท่ากับ 0, 4 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ นอกจากนั้น จากภาพที่ 4-58 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสียที่ 3 พบว่า ค่าพีเอชไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าการกวนแผสมแค่ 4 ชั่วโมงเพียงพอที่จะทำให้น้ำเสียผสมกันได้



ภาพที่ 4-61 ค่าพีเอช ของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 7 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 3 ที่เวลากวนผสมที่ 8 ชั่วโมง

จากตารางที่ 4-8 และภาพที่ 4-62 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสมรูปแบบที่ 7 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 3 และผลการทดลองมีดังนี้

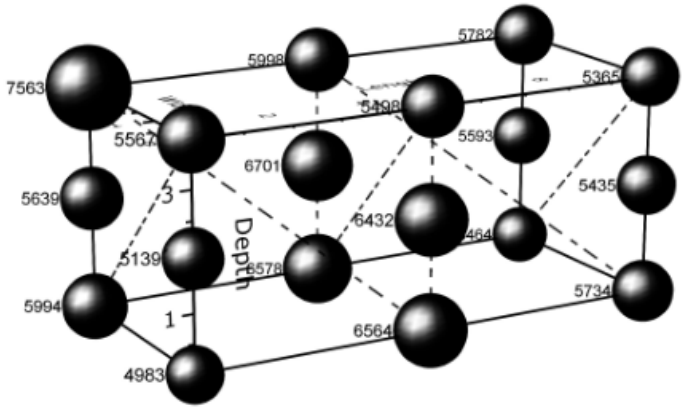
ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียที่ 1 ซึ่งเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่เวลากวนผสม 0 ชั่วโมง ดังภาพที่ 4-63 พบว่า มีค่าซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 5,890 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าซีโอดีสูงสุดของตัวอย่างน้ำเสียมีค่า 7,563 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 6 บริเวณทางเข้าของน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกผิวของถังปรับเสมอ และพบว่ามีค่าซีโอดีต่ำสุดเท่ากับ 4,983 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 1 ซึ่งอยู่บริเวณทางเข้าน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกก้นของถังปรับเสมอ



ภาพที่ 4-62 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมและเปิดระบบการกวนผสมรูปแบบที่ 7 เปิดระบบกระจายอากาศตำแหน่งที่ 3

ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 ซึ่งเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง เมื่อทำการเปิดระบบกระจายอากาศเพื่อให้เกิดการกวนผสมตามรูปแบบที่ 7 ดังภาพที่ 4-64 พบว่ามีค่าซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 6,353 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าซีโอดีสูงสุดของตัวอย่างน้ำเสียมีค่าเท่ากับ 7,053 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 5 บริเวณทางเข้าของน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกกลางถังปรับเสมอ และพบว่ามีค่าซีโอดีต่ำสุดเท่ากับ 5,575 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 3 ซึ่งอยู่บริเวณทางเข้าน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกผิวของถังปรับเสมอ

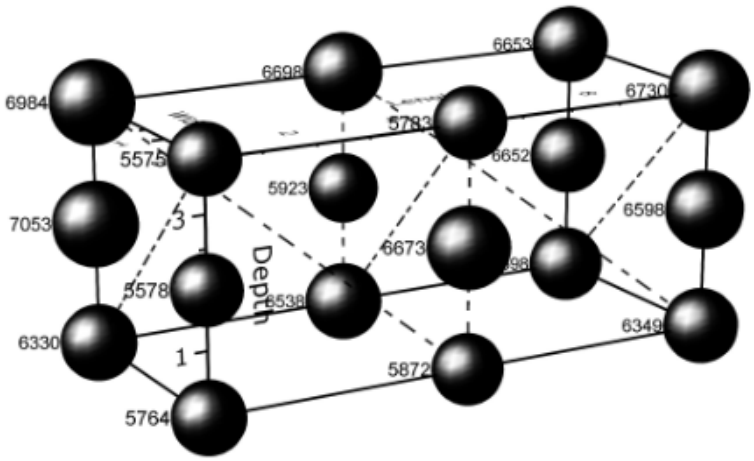
ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียที่ 3 ซึ่งเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง เมื่อทำการเปิดระบบกระจายอากาศเพื่อให้เกิดการกวนผสมตามรูปแบบที่ 7 ดังภาพที่ 4-65 พบว่ามีค่าซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 6,075 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าซีโอดีสูงสุดของตัวอย่างน้ำเสียมีค่าเท่ากับ 7,439 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 6 บริเวณทางเข้าของน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกผิวของถังปรับเสมอ และพบว่ามีค่าซีโอดีต่ำสุดเท่ากับ 5,523 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ตำแหน่งที่ 4 ซึ่งอยู่บริเวณทางเข้าน้ำเสียสู่ถังปรับเสมอและที่ระดับความลึกก้นถังปรับเสมอ



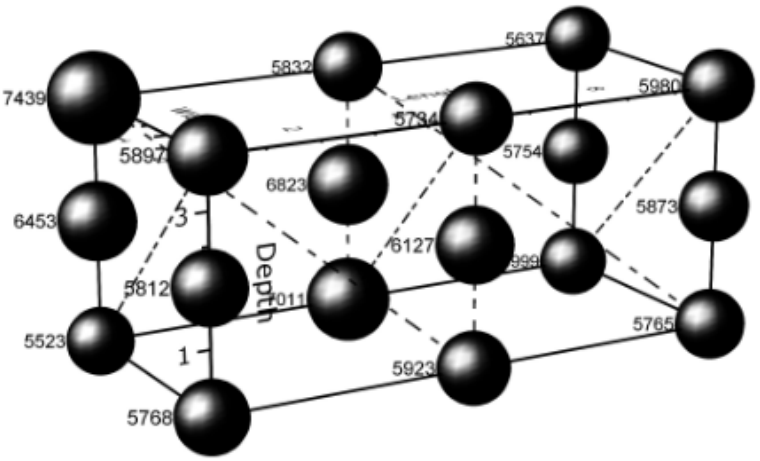
ภาพที่ 4-63 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 7 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 3 ที่เวลากวนผสมที่ 0 ชั่วโมง

จากภาพที่ 4-62 ถึง ภาพที่ 4-65 แสดงถึงค่าซีโอดีเมื่อทำการทดลองเปิดระบบการกวนผสมรูปแบบที่ 7 พบว่า ค่าซีโอดีของตัวอย่างทั้ง 3 ชุดในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอมีความแปรปรวนอย่างมีนัยสำคัญในตำแหน่งที่ 1 ถึง ตำแหน่งที่ 12 และเริ่มมีค่าคงที่ในตำแหน่งที่ 13 ถึงตำแหน่งที่ 18 ซึ่งเป็นตำแหน่งที่มีการเปิดระบบการกวนผสม และเมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างน้ำเสียที่ 2 ที่เวลากวนผสม 4 ชั่วโมง และตัวอย่างน้ำเสียที่ 3 ที่เวลากวนผสม 8 ชั่วโมง พบว่า ค่าซีโอดีในตำแหน่งที่ 13 ถึงตำแหน่งที่ 18 มีค่าลดลง เฉลี่ย 12.0% เมื่อพิจารณาจากค่าความแปรปรวนดังตารางที่ 4-8 พบว่า ความแปรปรวนของค่าซีโอดีภายในถังเท่ากับ 423,323 228,231 และ 269,795 ที่เวลากวนผสมเท่ากับ 0, 4 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ

จากการทดลองเปิดระบบการกวนผสมรูปแบบที่ 7 พบว่า ค่าพีเอชของน้ำเสียแต่ละตำแหน่งในถังปรับเสมอมีค่าค่อนข้างไม่คงที่เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอ และค่าซีโอดีลดลงจากค่าตั้งต้นเมื่อใช้เวลาในการกวนผสมนาน 4 ชั่วโมงเท่านั้น โดยประสิทธิภาพการกำจัดสารซีโอดีจากค่าซีโอดีตำแหน่งที่ 6 และ 15 ซึ่งเป็นตำแหน่งน้ำไหลเข้าและออกจากถังปรับเสมอ พบว่า มีประสิทธิภาพการกำจัดค่าซีโอดีเท่ากับ 3.64%



ภาพที่ 4-64 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 7 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 3 ที่เวลากวนผสมที่ 4 ชั่วโมง



ภาพที่ 4-65 ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอภายหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม และเปิดระบบการกวนผสม รูปแบบที่ 7 เปิดระบบกระจายอากาศ ตำแหน่งที่ 3 ที่เวลากวนผสมที่ 8 ชั่วโมง

การพิจารณารูปแบบการกวนผสมที่เหมาะสมเพื่อการนำไปใช้

จากการทดลองเปิดระบบการกวนผสมในรูปแบบที่แตกต่างกัน 7 รูปแบบ และทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียมาทำการวิเคราะห์ค่าพีเอชและค่าซีโอดีที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในถังปรับเสมอ และที่เวลากวนผสมที่แตกต่างกัน พบว่า ที่ระยะเวลากวนผสมที่ 4 ของทุกรูปแบบการกวนผสมให้ค่าการ

ลดลงของซีโอดีในน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น จึงพิจารณาระยะเวลาการกวนผสมเท่ากับ 4 ชั่วโมง เป็นระยะเวลากวนผสมที่เหมาะสม และเมื่อพิจารณาความแปรปรวนเพื่อแสดงการผสมเป็นเนื้อเดียวกันด้วยค่าความแปรปรวน (Variance) พบว่า รูปแบบการผสมแบบที่ 2 มีความแปรปรวนต่ำสุด อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการกำจัดค่าซีโอดีซึ่งเป็นประเด็นการพิจารณาลำดับแรกของบริษัท ฯ พบว่า มีประสิทธิภาพการกำจัดเพียง 2.3% เท่านั้น เนื่องจากมีการผสมเป็นเนื้อเดียวกัน แต่เมื่อพิจารณารูปแบบที่มีความแปรปรวนสูงขึ้นลำดับถัดไป พบว่า รูปแบบการกวนผสมแบบที่ 4 ที่มีความแปรปรวนสูงกว่าแต่มีประสิทธิภาพการกำจัดสูงขึ้นถึง 23% เป็นเพราะว่าน้ำเสียที่ไหลเข้าสู่ถังปรับเสมอของรูปแบบที่ 4 ที่มีการกวนผสมในตำแหน่งที่ 2 และ 3 ทำให้สารอินทรีย์ส่วนหนึ่งที่เป็นอนุภาคนั้นตกตะกอนในส่วนต้นของถังปรับเสมอ ทำให้ค่าซีโอดีลดลงในตำแหน่งที่ 2 และ 3

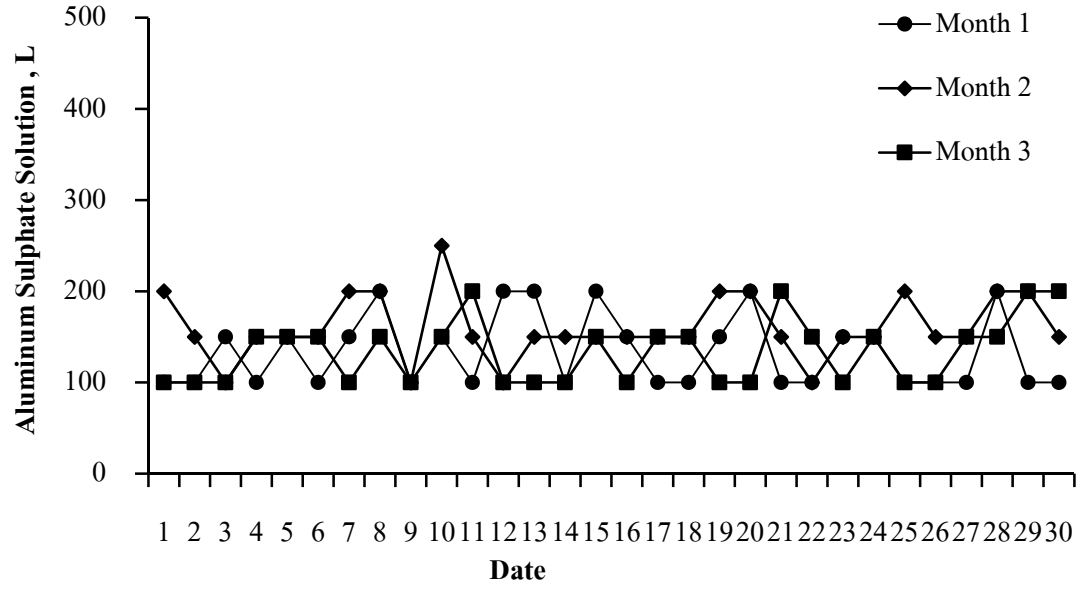
ตารางที่ 4-9 ค่าความแปรปรวน (Variance) ของค่าซีโอดีและประสิทธิภาพการกำจัดค่าซีโอดีที่ระยะเวลาการกวนผสม 4 ชั่วโมง ในรูปแบบการกวนผสมทั้ง 7 รูปแบบ

รูปแบบ	ค่าซีโอดี (COD)	
	ค่าความแปรปรวน (Variance)	ประสิทธิภาพการกำจัด (%)
1	616,035	37.0
2	54,852	2.3
3	592,704	45.2
4	159,950	23.0
5	876,818	16.5
6	675,793	15.2
7	228,231	3.6

ข้อมูลปริมาณการใช้สารเคมีในกระบวนการสร้างและรวมตะกอน (Coagulation and flocculation) หลังดำเนินการปรับปรุง การกวนผสม ด้วยการติดตั้งจานกระจายอากาศ (Diffusers disk)

1. ข้อมูลปริมาณการใช้สารส้มในกระบวนการสร้างและรวมตะกอนภายหลังการปรับปรุงการกวนผสมในถังปรับเสมอ

ข้อมูลปริมาณการใช้สารส้มในกระบวนการสร้างและรวมตะกอน (Coagulation and flocculation) ภายหลังที่มีการดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม พบว่า ปริมาณการใช้สารส้มเฉลี่ย 133 ลิตรต่อวัน โดยมีการใช้มากที่สุดเฉลี่ย 160 ลิตรต่อวัน เมื่อมีการเดินระบบบำบัดน้ำเสียที่อัตราการไหลเท่ากับ 3 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงเป็นเวลา 24 ชั่วโมงต่อวัน เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้สารส้มก่อนการปรับปรุงการกวนผสม พบว่า มีปริมาณการใช้ลดลง 42.28% นอกจากนั้น ภาพที่ 4-66 แสดงปริมาณการใช้สารส้มในแต่ละวันมีปริมาณที่ค่อนข้างคงที่ภายหลังมีการปรับปรุงการกวนผสมในถังปรับเสมอ

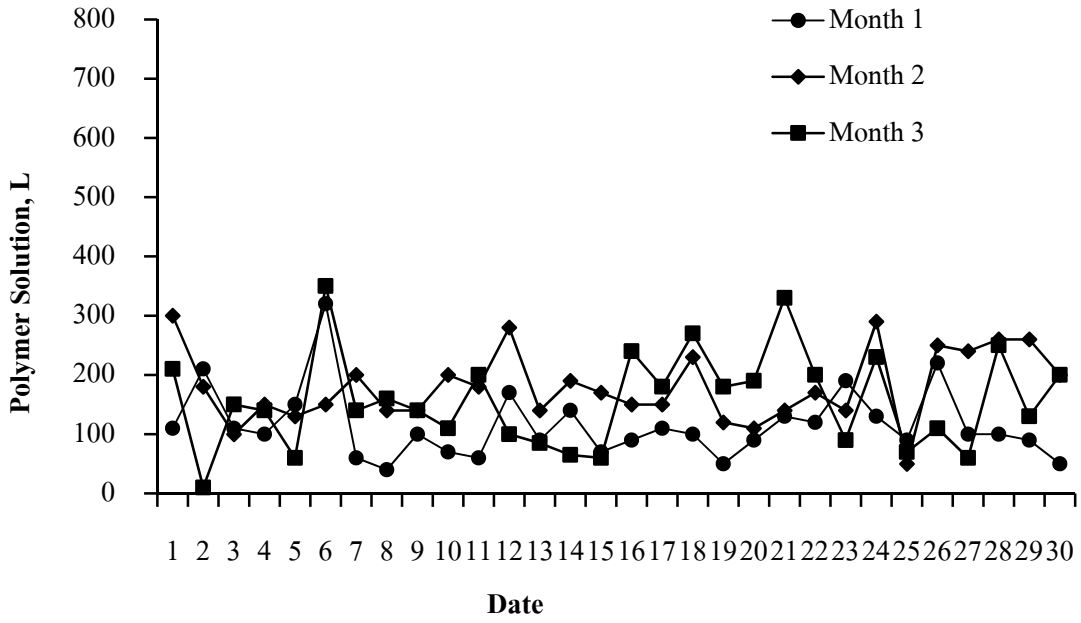


ภาพที่ 4-66 ปริมาณการใช้สารส้มในแต่ละวันในกระบวนการสร้างและรวมตะกอนหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม

2. ข้อมูลปริมาณการใช้พอลิเมอร์ในกระบวนการสร้างและรวมตะกอนภายหลังการปรับปรุงการกวนผสมในถังปรับเสมอ

ข้อมูลปริมาณการใช้พอลิเมอร์ในกระบวนการสร้างและรวมตะกอน (Coagulation and flocculation) ภายหลังที่มีการดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม พบว่า ปริมาณการใช้พอลิเมอร์เฉลี่ย 150.89 ลิตรต่อวัน โดยมีการใช้มากที่สุดเฉลี่ย 180 ลิตรต่อวัน เมื่อมีการเดินระบบบำบัดน้ำเสียที่อัตราการไหลเท่ากับ 3 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงเป็นเวลา 24 ชั่วโมงต่อวัน เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้พอลิเมอร์ก่อนการปรับปรุงการกวนผสม พบว่า มีปริมาณการใช้ลดลง 45.35% ภาพ

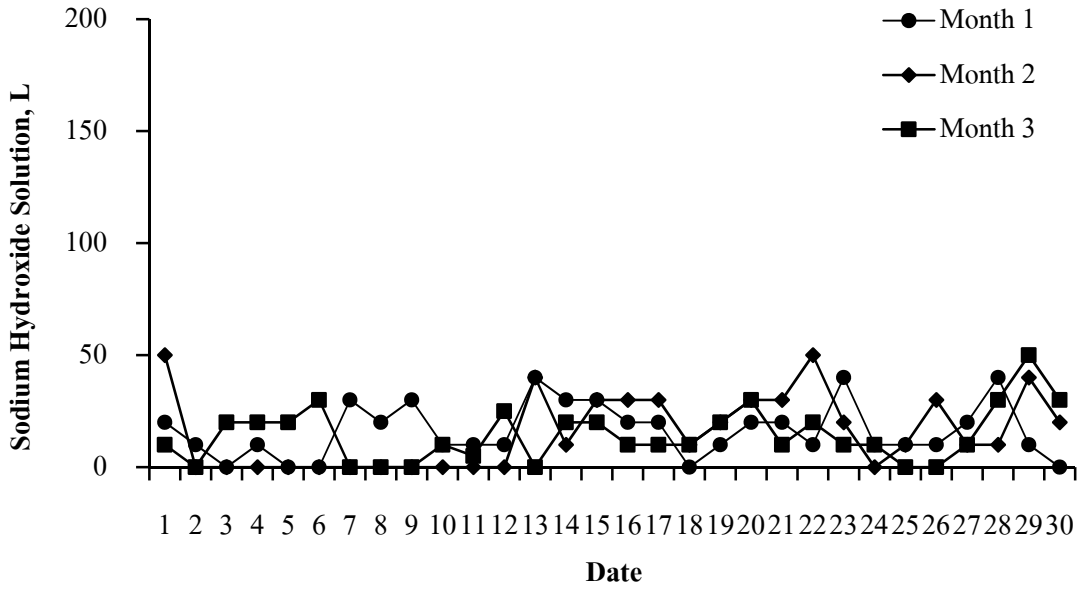
ที่ 4-67 แสดงปริมาณการใช้พอลิเมอร์ในแต่ละวันมีปริมาณที่ไม่แตกต่างกันมากนักภายหลังมีการปรับปรุงการกวนผสมในถังปรับเสมอ



ภาพที่ 4-67 ปริมาณการใช้พอลิเมอร์ในแต่ละวันในกระบวนการสร้างและรวมตะกอนหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม

3. ข้อมูลปริมาณการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide) เพื่อปรับพีเอช ในกระบวนการสร้างและรวมตะกอนภายหลังการปรับปรุงการกวนผสมในถังปรับเสมอ

ข้อมูลปริมาณการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide) เพื่อปรับพีเอชในกระบวนการสร้างและรวมตะกอน (Coagulation and flocculation) ภายหลังที่มีการดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม พบว่า ปริมาณการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide) เฉลี่ยเท่ากับ 15.44 ลิตรต่อวัน โดยมีการใช้มากที่สุดเฉลี่ย 16.33 ลิตรต่อวัน เมื่อมีการเดินระบบบำบัดน้ำเสียที่อัตราการไหลเท่ากับ 3 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เป็นเวลา 24 ชั่วโมงต่อวัน เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide) ก่อนการปรับปรุงการกวนผสม พบว่าปริมาณการใช้ลดลง 56.37% ภาพที่ 4-68 แสดงปริมาณการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide) เพื่อปรับพีเอชในแต่ละวันมีปริมาณที่ค่อนข้างคงที่ในแต่ละวัน และในบางวันไม่มีการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide) เพื่อการปรับพีเอชภายหลังมีการปรับปรุงการกวนผสมในถังปรับเสมอ



ภาพที่ 4-68 ปริมาณการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เพื่อปรับพีเอชในแต่ละวันในกระบวนการสร้างและรวมตะกอนหลังดำเนินการปรับปรุงการกวนผสม

จากข้อมูลปริมาณการใช้สารเคมีในกระบวนการสร้างและรวมตะกอนภายหลังการปรับปรุงการกวนผสมในถังปรับเสมอ การที่น้ำเสียในถังปรับเสมอถูกกวนผสมเข้ากันเป็นอย่างดี ส่งผลให้ปริมาณการใช้สารเคมีในกระบวนการบำบัดน้ำเสียที่อยู่ถัดไปทุกตัวมีปริมาณการใช้ลดลง ได้แก่ สารส้ม ลดลง 42.28% พอลิเมอร์ลดลง 45.35% และโซเดียมไฮดรอกไซด์ลดลง 56.37% และเมื่อคิดเป็นค่าใช้จ่ายที่สามารถลดลงได้ของการจัดซื้อสารเคมีเพื่อใช้ในระบบบำบัดน้ำเสีย พบว่าสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายสำหรับสารส้ม และพอลิเมอร์ ได้ถึง 50,736 บาทต่อปี โดยที่ค่าใช้จ่ายสำหรับโซเดียมไฮดรอกไซด์ไม่ถูกนำมาคิด เนื่องจากเป็นการเบิกสารเคมีมาจากฝ่ายผลิตของโรงงานจึงไม่มีค่าใช้จ่ายเกิดขึ้นที่หน่วยบำบัดน้ำเสีย

ภายหลังการดำเนินการปรับปรุงการกวนผสมในถังปรับเสมอเมื่อเปรียบเทียบผลการปรับปรุงการกวนผสมของน้ำเสียในถังปรับเสมอด้วยการติดตั้งจานกระจายอากาศในถังปรับเสมอแล้วทำการทดสอบโดยมีการกำหนดรูปแบบการเปิดระบบการกวนผสมที่แตกต่างกันทั้งหมด 7 รูปแบบ และใช้เวลาในการกวนผสมที่แตกต่างกันที่ 0, 4 และ 8 ชั่วโมงของ การกวนผสม ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสีย ทดสอบหาค่าพีเอชและค่าซีโอดี จากผลการทดลอง พบว่า รูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการกวนผสมในถังปรับเสมอ เป็นรูปแบบที่ 4 คือ การเปิดระบบการกวนผสมในตำแหน่งที่

2 และตำแหน่งที่ 3 ให้ผลที่ดีที่สุดเนื่องจากน้ำเสียในถังปรับเสมอถูกผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งสามารถดูได้จากค่าพีเอชและค่าซีโอดีที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนักในตำแหน่งกลางถังปรับเสมอจนถึงทางออกของน้ำเสียจากถังปรับเสมอ และเมื่อพิจารณาเวลาที่เหมาะสมสำหรับการกวนผสมจากการทดลองในทุก ๆ รูปแบบแสดงให้เห็นว่า เวลาที่เหมาะสมสำหรับการกวนผสม คือ 4 ชั่วโมง หากนานกว่านั้นไม่ส่งผลให้เกิดการลดลงของค่าซีโอดีอย่างมีนัยสำคัญ

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

การปรับปรุงลักษณะการกวนผสมของน้ำเสียในถังปรับเสมอเพื่อเพิ่มศักยภาพของระบบบำบัดน้ำเสียและลดอัตราการเปลี่ยนแปลงของคุณลักษณะของน้ำเสีย รวมถึงอัตราการไหลของน้ำที่เข้าสู่ถังปรับเสมอในแต่ละช่วงเวลาให้มีคุณลักษณะคงที่มากขึ้นของบริษัท บีเอเอสเอฟ (ไทย) จำกัด โรงงาน บางปะกง เลือกวิธีการปรับปรุงการกวนผสมด้วยการติดตั้งระบบเติมอากาศด้วยจานกระจายอากาศ (Diffuser disk) บริเวณด้านล่างของถังปรับเสมอ 3 ตำแหน่ง แล้วทำการทดสอบเปิดระบบการกวนผสมในถังปรับเสมอด้วยจานกระจายอากาศด้วยรูปแบบที่แตกต่างกันทั้งหมด 7 รูปแบบ เพื่อเลือกรูปแบบที่เหมาะสม ที่มีประสิทธิภาพการกวนผสมที่ดีที่สุด โดยพิจารณาค่าพีเอชและค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละตำแหน่งทั่วถังปรับเสมอ โดยในแต่ละรูปแบบและของการกวนผสมและในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอ ดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำเสียในถังปรับเสมอ เพื่อทำการวิเคราะห์ค่าพีเอชและค่าซีโอดีที่เวลาของการกวนผสมแตกต่างกันที่ 0, 4 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ นอกจากนั้น งานวิจัยฉบับนี้ยังพิจารณาบันทึกปริมาณการใช้สารเคมีในระบบการสร้างตะกอนและรวมตะกอนของระบบบำบัดขั้นต้น ที่อยู่ในลำดับถัดไปจากถังปรับเสมอเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงการกวนผสมในถังปรับเสมอร่วมด้วย ร่วมด้วย

สรุปผลการดำเนินงาน

1. การปรับปรุงลักษณะการกวนผสมของน้ำเสียในถังปรับเสมอเพื่อเพิ่มศักยภาพของระบบบำบัดน้ำเสียโดยทำการวิเคราะห์ค่าพีเอช และค่าซีโอดีของน้ำเสียที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของถังปรับเสมอ ทั้งหมด 18 ตำแหน่ง พบว่า ค่าพีเอชของน้ำเสียเมื่อไม่มีการกวนผสมในถังปรับเสมอมีค่าความแปรปรวนมากกว่าภายหลังการปรับปรุงการกวนผสม และภายหลังการปรับปรุงการกวนผสมค่าพีเอชในแต่ละตำแหน่งของถังปรับเสมอ ค่าพีเอชในแต่ละตำแหน่งมีความแปรปรวนลดลง โดยเฉพาะตำแหน่งที่มีการเปิดระบบการกวนผสม

2. ค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำเสียที่ตำแหน่งต่างกันและระดับความลึกที่ต่างกัน เมื่อทำการเปิดระบบการกวนผสมในรูปแบบต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กัน คือ บริเวณที่มีการเปิดเครื่องกวนผสม ค่าซีโอดีที่ได้ในตำแหน่งใกล้เคียงกันและระดับความลึกที่แตกต่างกัน ค่าซีโอดีที่ได้จะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน

3. จำนวนและตำแหน่งของระบบเติมอากาศที่เหมาะสมสำหรับการกวนผสมเมื่อเปิดใช้งานแล้วทำให้ประสิทธิภาพการกวนผสมของน้ำเสียผสมดีที่สุด ก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดการสร้างตะกอนและรวมตะกอนในลำดับถัดจากถังปรับเสมอ คือ รูปแบบที่ 4 การเปิดระบบกระจายอากาศที่ตำแหน่งที่ 2 และตำแหน่งที่ 3

4. ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการกวนผสม คือ 4 ชั่วโมง เนื่องจากสามารถลดค่าซีโอดีจากค่าตั้งต้นได้ถึง 22.9% ในรูปแบบการกวนผสมรูปแบบที่ 4

5. การเปิดระบบการเติมอากาศเพื่อการกวนผสมเพียงตำแหน่งเดียว ก่อให้เกิดการตกตะกอนของของแข็งแขวนลอยที่อยู่ในน้ำเสียในตำแหน่งที่ไม่มีการเปิดการกวนผสม

6. ปริมาณการใช้สารเคมีในกระบวนการสร้างตะกอนและรวมตะกอนภายหลังซึ่งอยู่ในกระบวนการบำบัดถัดจากถังปรับเสมอใช้ปริมาณสารเคมีลดลง ได้แก่ สารส้มลดลง 42.28% พอลิเมอร์ลดลง 45.35% และโซเดียมไฮดรอกไซด์ลดลง 56.37% เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการใช้สารเคมีก่อนมีการปรับปรุงการกวนผสมในถังปรับเสมอ

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการไหลเข้าของน้ำเสียเข้าสู่ถังปรับเสมอเป็นแบบกะ และคุณสมบัติน้ำเสียที่ไหลเข้าสู่ถังปรับเสมอไม่สม่ำเสมอ อาจส่งผลการวิเคราะห์ค่าซีโอดี ดังนั้น อาจมีการเก็บตัวอย่างในช่วงเวลาที่ครอบคลุมมากกว่านี้

บรรณานุกรม

กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. (2554). *ตำราระบบบำบัด มลพิษน้ำ*. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพ ฯ: สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ

Aqua-Aerobic Systems,Inc., (2016). Aqua Mixair. *Aeration System*.

Enviromix. (2016). Biomix. *Technical Documents*.

Goel, R.K., Flora, J.R.V. & Chen, J.P. (2005). *Flow equalization and neutralization*. In Wang, L.K., Hung, Y.T., & Shammas, N.K. (Eds), Handbook of Environmental Engineering (pp. 21-45). New Jersey: Humana Press.

Hudnell, H.K., Green, D., Vien, R., Butler, S., Rahe, G., Richards, B.A., & Bleth, B. (2010). Improving wastewater mixing and oxygenation efficiency with solar-powered circulation. *Clean Technologies and Environmental Policy*, *13*(5), 731-742.

Hudnell, H.K., Allenwood M., & Green, D. (2015). In Proceedings of the 88th Annual Water Environment Federation Technical Exhibition and Conference, Chicago: Illinois USA. *Mechanical mixing enable reduced aeration & simultaneous nitrification and denitrification in an activated sludge basin lower effluent nitrogen and lower energy costs*.

Metcalf & Eddy, Inc. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal Reuse*, (4th Ed.). New York: McGraw-Hill.

Nandy, T., Shastry, S., Pathe, P.P., & Kaul, S.N. (2003). Pre-Treatment of currency printing ink wastewater through coagulation-floculation process, *Water, Air, and Soil Pollution, 148*(1), 15-30.

Lerdrattranataywee, W., & Kaosol, T. (2015) Effect of mixing time on anaerobic co-digestion of palm oil mill waste and block rubber wastewater. *Energy Procedia, 79*, 327-334.

Pang, H., Shi, H., & Shi, H. (2009). Flow chareacteristic and wastewater treatment performance of a pilot-scale airlift oxidation ditch. *Frontiers of Environmental Science & Engineering*, *3*(4), 470-476.

Rezaee, S., Zinatizadeh, A.A.L., & Asadi, A. (2015). Comparative study on effect of mechanical mixing and ultrasound on the performance of a single up-flow

anaerobic/aerobic/anoxic bioreactor removing CNP from milk processing wastewater. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, 58*, 297-309.

Triple Three India Energy Solution Ltd., (2016) *Mixers/ Agitator.*

Wenguo (Wayne) Feng, PhD, PE (2014). A Review of Mixing Requirements After Primary Clarification. *Mixing Theory Velocity gradient*

Yerushalmi, L., Alimahmoodi, M., Behzadian, F., & Mulligan, C.N. (2012). Mixing characteristics and liquid circulation in new multi- environment bioreactor. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, *36*(10), 1339-1352.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลปัจจุบันระบบบำบัดน้ำเสีย บริษัท บีเอเอสเอฟ (ไทย) จำกัด

ข้อมูลปัจจุบันระบบบำบัดน้ำเสีย บริษัท บีเอเอสเอฟ (ไทย) จำกัด

1. แหล่งกำเนิดน้ำเสีย และปริมาณน้ำเสีย (Wastewater source and quantity)

1.1 น้ำเสียจากห้องปฏิบัติการ (Laboratory) ปริมาณ เฉลี่ย 75 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน

1.2 น้ำเสียจากหน่วยการผลิต (Production) ปริมาณ เฉลี่ย 800 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน

1.3 น้ำเสียอื่น ๆ เช่น พื้นที่ ถ่ายเท สารเคมี พื้นที่บรรจุ (Others) ปริมาณ เฉลี่ย 200 ลูกบาศก์เมตร ต่อเดือน

2. คุณภาพน้ำทิ้ง (Wastewater quality) เข้าสู่ระบบบำบัด ที่ใช้ในการออกแบบ

ตารางภาคผนวกที่ ก-1 คุณภาพน้ำเสียที่ใช้ในการออกแบบระบบบำบัดปัจจุบัน

รายการ	หน่วย	แหล่งกำเนิดน้ำเสีย	
		ห้องปฏิบัติการ	หน่วยการผลิต
พีเอช (pH)	NA	4.2	8.8
ซีโอดี (COD)	มิลลิกรัมต่อลิตร	18,740	12,220
บีโอดี (BOD)	มิลลิกรัมต่อลิตร	9,200	24,950

3. กระบวนการบำบัดเบื้องต้น ปัจจุบันประกอบด้วย

3.1 กระบวนการบำบัดกายภาพ และเคมี (Physical and chemical treatment process)

3.2 กระบวนการบำบัดทางชีวภาพ แบบตะกอนเร่ง แบบ SBR (Biological treatment by activated sludge: sequencing batch reactor type)

4. ข้อมูลการออกแบบของถังปรับเสมอปัจจุบัน (Design basis of equalization tank)

4.1 ระยะเวลากักเก็บ (Hydraulic detention time): 12-24 ชั่วโมง

4.2 ปริมาณของแข็งแขวนลอยเฉลี่ย (Average SS): 500 มิลลิกรัมต่อลิตร

4.3 ลักษณะถังปรับเสมอ: ถังคอนกรีต รูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า

4.4 ขนาดถังปรับเสมอ: 3,000 ก x 10,000 ย x 3,800 ส มิลลิเมตร

4.5 ความจุ (Capacity): 90 ลูกบาศก์เมตร

4.6 อัตราการบำบัด (Flow rate): 1.5-3.0 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

4.7 ระยะเวลาเก็บกัก (Detention time): 30-60 ชั่วโมง

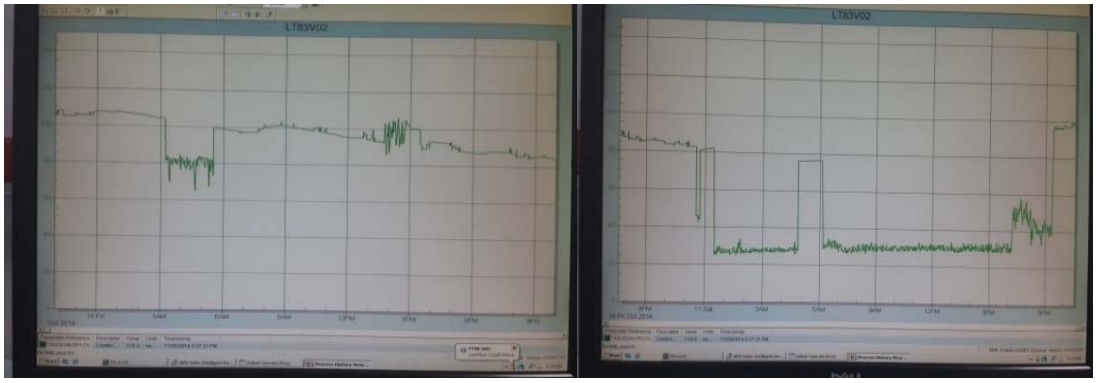
4.8 ขนาดของปั๊ม (Pump capacity): 3 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง x 12 m TDH

ภาคผนวก ข

วิเคราะห์อัตราการไหลปัจจุบันของถังปรับเสมอ

วิเคราะห์อัตราการไหลปัจจุบันของถังปรับเสมอ

ถังปรับเสมอ มีหน้าที่ปรับอัตราการไหลเข้าระบบบำบัดน้ำเสียให้สม่ำเสมอ โดยใช้เครื่องสูบน้ำ ดังนั้นขนาดความจุ ปริมาณน้ำในถังปรับเสมอจะต้องมีขนาดเหมาะสม และเครื่องสูบน้ำสามารถสูบจ่ายน้ำเข้าระบบบำบัดน้ำเสียโดยที่น้ำในถังปรับเสมอไม่แห้งหรือล้นถัง



ภาพภาคผนวกที่ ข-1 ข้อมูลระดับน้ำในช่วงเวลาต่าง ๆ ในถังปรับเสมอจาก DCS

จากภาพภาคผนวกที่ ข-1 แสดงข้อมูลระดับน้ำในถังปรับเสมอที่เวลาต่าง ๆ จากโปรแกรม DCS ของโรงงาน ระหว่างวันที่ 11 ตุลาคม 2557 ถึง 13 ตุลาคม 2557 พบว่าน้ำที่ไหลเข้าถังปรับเสมอมีการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา โดยมีปริมาตรสะสมสูงสุดในถังปรับเสมอเท่ากับ 98.0 ลูกบาศก์เมตร.

เพื่อหาปริมาณน้ำไหลเข้า-ออกจากถังปรับเสมอ สามารถนำมาคำนวณหาขนาดของถังปรับเสมอที่เหมาะสมได้ โดยหาผลต่างระหว่างปริมาณน้ำเสียสะสมเข้าระบบ และปริมาณน้ำเสียที่ออกจากระบบสะสมในแต่ละช่วงเวลา แล้วนำไปสร้างกราฟ ดังแสดงในภาพภาคผนวกที่ ข-2

ตารางภาคผนวก ที่ ข-1 ปริมาณสะสมของน้ำเสียที่ไหลเข้า-ออกถังปรับเสมอ

	น้ำเสียเข้า	น้ำเสียออก	
เวลา	$\sum$ Vi ปริมาตรสะสม ลบ.ม.	Qe อัตราการไหล ลบ.ม./ชม.	$\sum$ Ve ปริมาตรสะสม ลบ.ม.
1:00 AM	26.6	0	0
2:00 AM	26	2.5	2.5
3:00 AM	27.6	2.5	5
4:00 AM	28.3	2.5	7.5
5:00 AM	76.1	2.5	10
6:00 AM	76.8	2.5	12.5
7:00 AM	29.9	2.5	15
8:00 AM	27.3	2.5	17.5
9:00 AM	31.9	2.5	20
10:00 AM	30.6	2.5	22.5
11:00 AM	30.1	2.5	25
12:00 PM	31	2.5	27.5
1:00 PM	29	2.5	30
2:00 PM	30.5	2.5	32.5
3:00 PM	29.3	2.5	35
4:00 PM	33.5	2.5	37.5
5:00 PM	50.4	2.5	40

ตารางภาคผนวกที่ ข-1 (ต่อ)

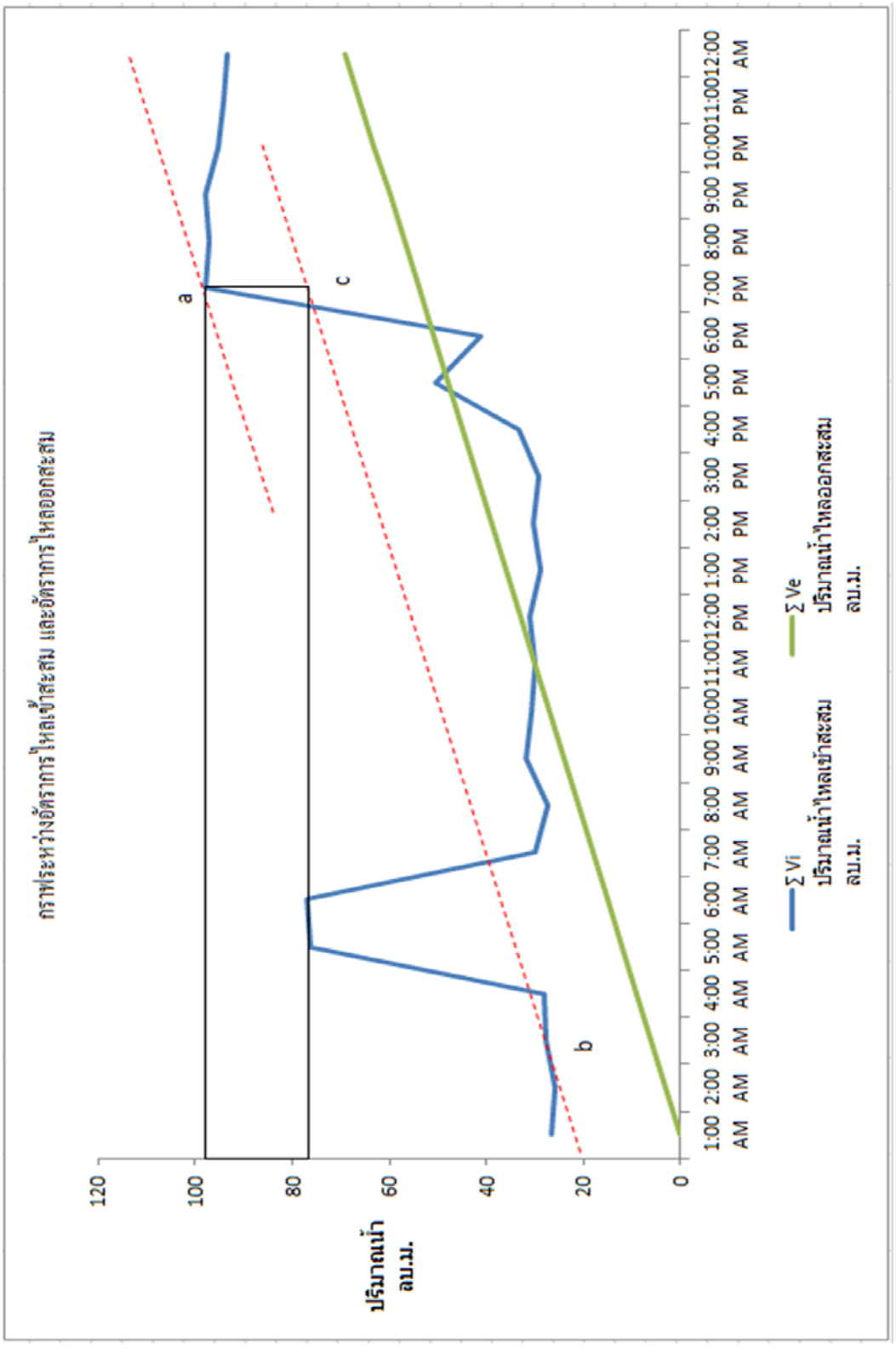
	น้ำเสียเข้า	น้ำเสียออก	
เวลา	$\sum$ Vi ปริมาตรสะสม ลบ.ม.	Qe อัตราการไหล ลบ.ม./ชม.	$\sum$ Ve ปริมาตรสะสม ลบ.ม.
6:00 PM	41.1	2.5	42.5
7:00 PM	98	2.5	45
8:00 PM	97.2	2.5	47.5
9:00 PM	97.7	2.5	50
10:00 PM	95.2	2.5	52.5
11:00 PM	94.2	2.5	55
12:00 AM	93.2	2.5	57.5

ตรวจสอบปริมาตรต่ำสุดของถังปรับเสมอของระบบบำบัดน้ำเสีย โดยลากเส้นสัมผัสกราฟของปริมาณน้ำไหลเข้าสะสมที่จุดสัมผัสสูงสุด (จุด a) และจุดสัมผัสต่ำสุด (จุด b) แล้วลากเส้นตรงจากจุด a ไปยังจุด c ผลต่างของปริมาณน้ำสะสมที่จุด a-c คือ 98.0-26.0 = 72 ลูกบาศก์เมตร หมายถึงปริมาตรต่ำสุดของถังปรับเสมอของระบบบำบัดน้ำเสีย

อัตราการไหลของน้ำเสียที่สูบออกจากถังปรับเสมอสามารถตรวจสอบจากอัตราการไหลเฉลี่ยของน้ำเสีย โดยคำนวณจากปริมาณน้ำทั้งหมดต่อวันหารด้วยระยะเวลาทำงาน ในที่นี้มีค่าเท่ากับ 98/24 = 4.08 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง หมายถึง เครื่องสูบน้ำเสียจากถังปรับเสมอไปยังระบบบำบัดต้องมีความสามารถในการสูบน้ำที่อัตราการไหล 4.08 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

เนื่องจากระบบบำบัดได้ถูกออกแบบไว้ให้มีอัตราการไหลของน้ำเสียที่สูบออกจากถังปรับเสมอ ด้วยอัตรา 2-3 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ดังนั้นจะพบว่าในช่วงเวลาที่น้ำเสียสะสมในถังปรับเสมอมีปริมาณมาก อัตราการสูบน้ำเสียออกไม่ทันกับอัตราการสูบน้ำเสียเข้าสู่ถังปรับเสมอ ทำให้มีน้ำเสียล้นถังปรับเสมอได้ อย่างไรก็ตามจากข้อมูลปริมาณน้ำสะสมในถังปรับเสมอจากโปรแกรม DCS แสดงให้เห็นว่า ช่วงเวลาที่ปริมาณน้ำสะสมในถังปรับเสมอสูงมากกว่า

90 ลูกบาศก์เมตรเกิดขึ้นไม่บ่อยมากนัก เพื่อเป็นการป้องกันการล้นของน้ำเสียที่ถังปรับเสมอ สามารถจัดให้มีถังพักน้ำขนาด 10-20 ลูกบาศก์เมตร ก่อนเข้าสู่ถังปรับเสมอ

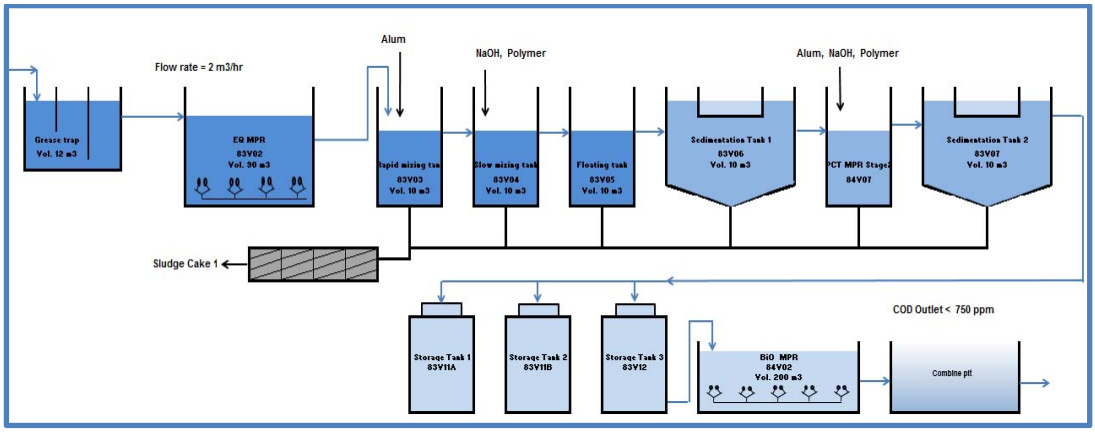


ภาพภาคผนวกที่ ข-2 อัตราการไหลเข้าสะสม และอัตราการไหลออกสะสม

ภาคผนวก ค

รูปภาพ

รูปกระบวนการบำบัด



ภาพภาคผนวกที่ ค-1 แผนผังกระบวนการบำบัดน้ำเสียเบื้องต้นบริษัท บีเอเอสเอฟ (ไทย) จำกัด

ภาพภาคผนวกที่ ค-2 ถังปรับเสมอของบริษัท บีเอเอสเอฟ (ไทย) จำกัด

ภาพภาคผนวกที่ ค-3 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำเสียแบบจ้วง