

ผลของระดับน้ำและเวลาลดระดับน้ำในหอสุญญากาศต่อ  
ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสำหรับระบบผลิตน้ำประปา  
โดยถังตกตะกอนชนิดชั้นตะกอน

**Effect of Water Level and Falling Time in Vacuum Chamber  
on Turbidity Removal Efficiency for Water Treatment  
by Sludge Blanket Clarifier**

วิวัฒน์ อ่อนนาคกล้า

โรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์ การประปานครหลวง

**บทคัดย่อ**

บทความนี้ศึกษาผลของระดับน้ำและเวลาลดระดับน้ำในหอสุญญากาศต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของถังตกตะกอนชนิดชั้นตะกอน สำหรับระบบผลิตน้ำประปา โดยการควบคุมอัตราการเติมสารส้ม 22 มิลลิกรัม/ลิตรและอัตราผิวน้ำสัน 3.22 เมตร/ชั่วโมง ผลการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของระดับน้ำในหอสุญญากาศที่ระดับ 30, 40 และ 50 เซนติเมตร ตามลำดับ และเวลาลดระดับน้ำในหอสุญญากาศ 10, 15 และ 20 วินาที ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่า ระดับน้ำไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น แต่เวลาลดระดับน้ำส่งผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นอย่างมีนัยสำคัญ เวลาลดระดับน้ำ 15 วินาที จะมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสูงกว่าเวลาลดระดับน้ำ 10 และ 20 วินาที เวลาลดระดับน้ำ 15 วินาที มีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น  $87.37 \pm 1.47\%$ ,  $87.66 \pm 1.27\%$  และ  $87.26 \pm 1.69\%$  สำหรับระดับน้ำ 30, 40 และ 50 เซนติเมตร ตามลำดับ และผลรวมของระดับน้ำและเวลาลดระดับน้ำ (อัตราพัลเซชัน) ไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น

**คำสำคัญ :** ถังตกตะกอนชนิดชั้นตะกอน, ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น

**Abstract**

This paper aims to study effect of water level and falling time of vacuum chamber on turbidity removal efficiency for water treatment plant by sludge blanket clarifier. By controlling aluminum sulphate adding rate, 22-mg/l., and surface loading rate, 3.22-m/hr., the results were compare turbidity removal efficiency of water level at 30, 40 and 50 centimeters and falling time at 10, 15 and 20 seconds. Experimental found that water level was not significantly but falling time was significantly affected on turbidity removal

efficiency for sludge blanket clarifier. A 15-second of falling time provided higher efficiency than a 10-second and a 20-second of falling time. All Turbidity removal efficiency of a 15-second of falling time was  $87.37 \pm 1.47\%$ ,  $87.66 \pm 1.27\%$  and  $87.26 \pm 1.69\%$  for a 30-centimeter, a 40-centimeter and a 50-centimeter of water level, respectively. And, interacted water level and falling time (pulsation rate) was not significantly.

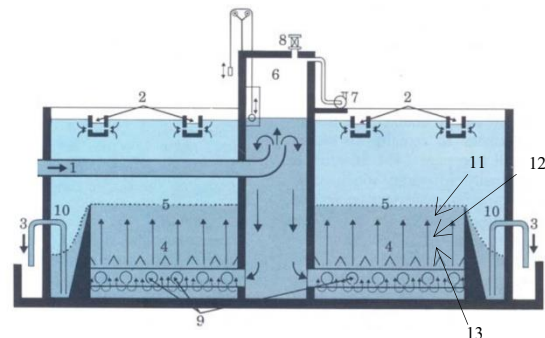
**Key words :** Sludge blanket clarifier, turbidity removal efficiency

## 1. บทนำ

ถังตกตะกอนชนิดชั้นตะกอน (Sludge blanket clarifier) เป็นถังตกตะกอนรูปแบบหนึ่งของถังตกตะกอนชนิดใช้ตะกอน (Solid contact clarifier) ซึ่งเป็นถังตกตะกอนชนิดที่รวมการสร้างแกนตะกอนและการตกตะกอนอยู่ในเครื่องจักรเพียงเครื่องเดียว ถังตกตะกอนชนิดชั้นตะกอนอาศัยการแยกสารแขวนลอยที่ปนมากับน้ำดิบ มาสร้างเป็นชั้นตะกอนสำหรับเป็นตัวดักจับกับสารแขวนลอยที่ปนมากับน้ำดิบ

หลักการการทำงานของถังตกตะกอนชนิดชั้นตะกอน ดังแสดงในรูปที่ 1 จะเริ่มจาก น้ำดิบที่ผ่านการผสมกับสารตกตะกอนด้วยการกวนเร็วแล้ว จะไหลเข้าสู่ถังตกตะกอนทางท่อทางเข้า หมายเลข 1 เข้าสู่หอสุญญากาศ หมายเลข 6 ระดับน้ำในหอสุญญากาศจะถูกยกให้เหนือกว่าระดับน้ำปกติโดยอาศัยแรงยกจากพัดลมดูดอากาศ หมายเลข 7 เมื่อระดับน้ำในหอสุญญากาศอยู่ในระดับที่กำหนดวาล์วหมายเลข 8 จะเปิดออกทำให้อากาศจะภายนอกเข้าสู่หอสุญญากาศทำให้ระดับน้ำในหอสุญญากาศลดระดับลงอย่างรวดเร็ว ทำให้น้ำดิบที่ผสมสารตกตะกอนแล้ว ตกตามแรงโน้มถ่วงของโลกและกระจายไปตามท่อกระจายน้ำหมายเลข 9 และถูกบังคับให้อนุภาคของตะกอนเกิดการชนกันโดย Stilling baffles หมายเลข 4 ส่งผลให้อนุภาคตะกอนจับตัวกันเป็นชั้นตะกอน และชั้นตะกอนที่เกิดขึ้นจะทำหน้าที่เป็นตัวดักจับตะกอนใหม่ให้ติดอยู่กับชั้นตะกอนจนเมื่อตะกอนสะสมจะเกินระดับความสูงหมายเลข 5 ตะกอนส่วนเกิน

จะล้นลงรางรับตะกอนหมายเลข 10 และถูกระบายออก จากถังตกตะกอนโดยท่อระบายตะกอนหมายเลข 3 และส่วนน้ำใสจะผ่านชั้นตะกอนมาได้ จะไหลล้นลงรางน้ำล้นหมายเลข 2 และไหลเข้าสู่กระบวนการถัดไป คือ การกรอง



- |                             |                       |
|-----------------------------|-----------------------|
| 1. ท่อน้ำเข้า               | 8. วาล์วระบายลม       |
| 2. รางน้ำล้น                | 9. ท่อกระจายน้ำ       |
| 3. ท่อระบายตะกอน            | 10. รางรับตะกอน       |
| 4. Stilling baffles         | 11. จุดวัดตะกอนชั้น T |
| 5. ระดับความสูงของชั้นตะกอน | 12. จุดวัดตะกอนชั้น M |
| 6. หอสุญญากาศ               | 13. จุดวัดตะกอนชั้น B |
| 7. พัดลมดูดอากาศ            |                       |

**รูปที่ 1** รายละเอียดของถังตกตะกอนชนิดชั้นตะกอน

หลักการควบคุมถังตกตะกอนชนิดชั้นตะกอน จะคล้ายกับถังกวนทั่วไป คือ การควบคุมอัตราการเติมสารตกตะกอน และการควบคุมค่าความเร็วเกรเดียนต์

(Velocity gradient) ให้มีความเหมาะสม เพื่อให้สามารถควบคุมความขุ่นของน้ำประปาให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ความขุ่นของน้ำหลังการตกตะกอนควรมีค่าไม่เกิน 10 Nephelometric Turbidity Unit (NTU)[1]

ชัยวัฒน์ ชมสุวรรณ เสนอแนะว่า ปริมาณสารส้ม อัตราการผลิต ความถี่การระบายตะกอน ระดับน้ำในหอสุญญากาศและเวลาลดระดับน้ำในหอสุญญากาศ มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของถังตกตะกอนชนิดชั้นตะกอน โดยที่ อัตราการผลิตต่ำ (อัตราคือน้ำล้น 2.53 เมตร/ชั่วโมง) พบว่าค่าที่เหมาะสม คือ ปริมาณสารส้ม 24 มิลลิกรัม/ลิตร, ระดับน้ำ 40 เซนติเมตร, เวลาลดระดับน้ำ 11 วินาทีและความถี่การระบายตะกอน 400 วินาที และที่อัตราการผลิตสูง (อัตราคือน้ำล้น 3.46 เมตร/ชั่วโมง) พบว่าค่าที่เหมาะสม คือ ปริมาณสารส้ม 27 มิลลิกรัม/ลิตร, ระดับน้ำ 25 เซนติเมตร, เวลาลดระดับน้ำ 10 วินาทีและความถี่การระบายตะกอน 320 วินาที[2]

สุรัตน์ อินทร์โต เสนอแนะว่า อัตราคือน้ำล้น และระดับน้ำในหอสุญญากาศมีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นของถังตกตะกอนชนิดชั้นตะกอน ส่วนอัตราพัดเซชันไม่ซับซ้อนปัจจัยสำคัญต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของถังตกตะกอนชนิดชั้นตะกอน โดยสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดความขุ่น คือ อัตราพัดเซชัน 14 เมตร/ชั่วโมง, อัตราคือน้ำล้น 3.22 เมตร/ชั่วโมง และระดับน้ำในหอสุญญากาศ 60 เซนติเมตร จะได้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสูงสุด 95.47%[3]

S.M.Khezri, et.al. เสนอแนะว่า ระดับน้ำในหอสุญญากาศมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น ในความสัมพันธ์แบบโพลีโนเมียล โดยเมื่อระดับน้ำในหอสุญญากาศ เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเช่นเดียวกัน จนถึงระดับหนึ่ง ถ้าระดับน้ำในหอสุญญากาศยังเพิ่มสูงขึ้นอีก ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นจะมีแนวโน้มลดลง[4]

S.K. Al-Dawery, et.al. เสนอแนะว่า ระดับน้ำในหอสุญญากาศและเวลาในการเพิ่มระดับน้ำในหอสุญญากาศ ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นของถังตกตะกอน โดยที่ระดับน้ำในหอสุญญากาศ 60-150 เซนติเมตร พบว่า เมื่อระดับน้ำเพิ่มสูงขึ้น ค่าความขุ่นน้ำ

หลังตกตะกอนจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้น และเวลาในการเพิ่มระดับน้ำ 20-40 วินาที พบว่า เมื่อเวลาการเพิ่มระดับน้ำเพิ่มสูงขึ้น จะทำให้ค่าความขุ่นของน้ำหลังตกตะกอนมีค่าลดลง[5]

การตกตะกอน เป็นกระบวนการที่มีความสำคัญมากในการผลิตน้ำประปา เนื่องจากเป็นกระบวนการแรกที่ต้องรองรับต่อความขุ่นน้ำดิบที่เข้ามาโรงงานซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล[6] และเปลี่ยนแปลงตามสภาพภูมิอากาศ[7] นอกจากนี้ ยังต้องควบคุมความขุ่นน้ำหลังตกตะกอนให้อยู่ในเกณฑ์ควบคุมเพื่อให้สามารถควบคุมคุณภาพน้ำประปาได้ตามมาตรฐาน เพราะหากกระบวนการตกตะกอนไม่สามารถควบคุมคุณภาพน้ำหลังตกตะกอนได้ตามเกณฑ์ควบคุม จะส่งผลให้เป็นการของกระบวนการถัดไป ที่จะต้องทำงานหนักมากขึ้น ซึ่งอาจส่งผลให้คุณภาพน้ำประปาไม่เป็นไปตามมาตรฐานได้

จุดประสงค์ของบทความนี้คือ ศึกษาผลของระดับน้ำในหอสุญญากาศและเวลาลดระดับน้ำในหอสุญญากาศต่อประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นของถังตกตะกอนชนิดชั้นตะกอน

## 2. วิธีการวิจัย

### 2.1 ถังตกตะกอน

ถังตกตะกอนชนิดใช้ตะกอนใช้เป็น ถังตกตะกอนชนิดชั้นตะกอน หรือที่เรียกว่า “Pulsator” เป็นถังตกตะกอนทรงสี่เหลี่ยมขนาดกว้าง 40.5 เมตร ยาว 67.5 เมตร มีความสูง 5 เมตร มีหอสุญญากาศขนาด 25 ตารางเมตรจำนวน 2 หอ มีอัตราการผลิตสูงสุด 210,000 ลูกบาศก์เมตร/วัน หรืออัตราคือน้ำล้น 3.2 เมตร/ชั่วโมง

### 2.2 การกวนเร็ว

การกวนเร็วที่ใช้เป็นถังกวนเร็วแบบชลศาสตร์ (Hydraulic jump) มีค่าเกรเดียนต์ของความเร็ว 200 วินาที<sup>-1</sup> หลักการทำงานโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงระดับความสูงอย่างกะทันหัน ทำให้เกิดความปั่นป่วนขึ้นและสามารถผสมน้ำดิบและสารตกตะกอนให้เป็นเนื้อเดียวกันได้ ดังแสดงในรูปที่ 2

## 2.3 น้ำดิบ

น้ำดิบที่ใช้ เป็นน้ำดิบจากเขื่อนแม่กลอง อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี ผ่านคลองประปาฝั่งตะวันตก เป็นระยะทาง 106 กิโลเมตร จะมีค่าความขุ่นน้ำดิบ ในช่วงเดือน มกราคมถึงเมษายน 2562 จะอยู่ในช่วง 25-35 NTU รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 2 ถังกวนเร็วแบบชลศาสตร์

ตารางที่ 1 ดัชนีคุณภาพน้ำดิบ

ดัชนีคุณภาพน้ำดิบ	ช่วงใช้งาน
ความขุ่น (NTU)	25-35
pH	8.0-8.2
อุณหภูมิ (°C)	26-28
Total Organic Carbon (mg/l)	1.8-2.0
Alkalinity (mg/l)	90-100

## 2.4 สารตกตะกอน

สารตกตะกอน ที่ใช้ คือ สารส้ม เนื่องจากสารส้ม เป็นสารตกตะกอนที่หาได้ง่ายในทุกพื้นที่ มีความง่ายต่อการใช้งานและการขนส่ง[8] ในช่วงความขุ่นน้ำดิบ 10-50 NTU การใช้สารส้มเป็นสารตกตะกอน จะมีค่าใช้จ่าย ถูกที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ โพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ชนิดเหลว, โพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ชนิดความเป็นเบสสูง และอะลูมิเนียมคลอไรด์ไฮดรอกไซด์[9]

## 2.5 การเก็บข้อมูล

การศึกษาผลของระดับน้ำและเวลาลดระดับน้ำในหอสุญญากาศโดยแบ่งปัจจัยที่ศึกษาออกเป็น ระดับน้ำในหอสุญญากาศ 30, 40 และ 50 เซนติเมตร และเวลาลดระดับน้ำในหอสุญญากาศ 10, 15 และ 20 วินาที โดยควบคุมอัตราการไหลน้ำล้นที่ 3.22 เมตร/ชั่วโมงและควบคุมอัตราการจ่ายสารส้มที่ 22 มิลลิกรัม/ลิตร โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. วัดค่าความขุ่นน้ำดิบจากแหล่งน้ำดิบ โดยใช้เครื่องวัดความขุ่นชนิด Nephelometric ยี่ห้อ HACH รุ่น 2100AN ความละเอียด 1 NTU และความผิดพลาดไม่เกิน 2%
2. ปรับอัตราการผลิตที่ 210,000 ลูกบาศก์เมตร/วัน คิดเป็นอัตราการไหลน้ำล้น 3.22 เมตร/ชั่วโมง โดยใช้เครื่องวัดอัตราการไหลแบบอัตราโซนิก Prosonic S FMU 90 ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดอัตราการไหลในช่องเปิด มีความละเอียด 1 ลูกบาศก์เมตร ความผิดพลาดไม่เกิน 0.2%
3. เดิมสารส้มที่อัตราการเดิม 460 ลิตร/ชั่วโมง คิดเป็นสัดส่วนปริมาณสารส้มต่อปริมาณน้ำดิบ 22 มิลลิกรัม/ลิตร โดยใช้เครื่องวัดอัตราการเติมสารส้มชนิดแม่กเนติก ยี่ห้อ Yokogawa รุ่น AXFA14G มีความละเอียด 10 ลิตร ความผิดพลาดไม่เกิน 0.2%
4. ทำการคำนวณค่าประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของถังตกตะกอน

## 2.6 การวิเคราะห์ผลการวิจัย

ดัชนีสำหรับบ่งชี้ประสิทธิภาพการทำงานของถังตกตะกอน จะต้องสามารถบ่งชี้ศักยภาพในการกำจัดความตะกอนออกจากน้ำดิบให้ได้มากที่สุด เรียกว่า “ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น” คือ อัตราส่วนระหว่างค่าความขุ่นที่ถังตกตะกอนสามารถกำจัดออกไปต่อค่าความขุ่นน้ำดิบจากแหล่งน้ำดิบ ดังสมการ

ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น

$$= \frac{T_{rw} - T_{cw}}{T_{rw}} \times 100\% \quad (1)$$

โดยที่  $T_{rw}$  คือ ความขุ่นน้ำดิบ (NTU)

$T_{cw}$  คือ ความขุ่นน้ำหลังตกตะกอน (NTU)

ตารางที่ 2 ค่าประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น กรณีระดับน้ำ 30, 40 และ 50 เซนติเมตร และเวลาครระดับน้ำ 10, 15 และ 20 วินาที

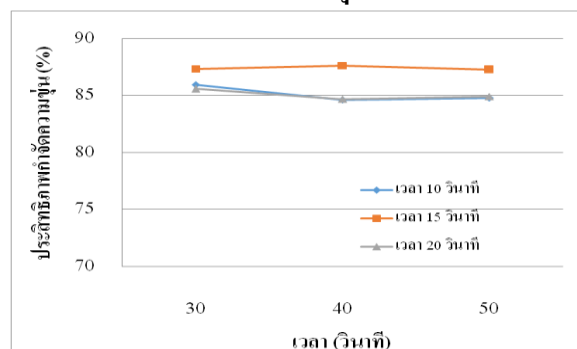
เวลาปล่อยน้ำ (วินาที)	ระดับน้ำ (เซนติเมตร)		
	30	40	50
10	85.97±1.76	84.63±1.94	84.81±1.16
15	87.37±1.47	87.66±1.27	87.26±1.69
20	85.59±1.20	84.71±1.35	84.92±1.00

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ด้วย ANOVA

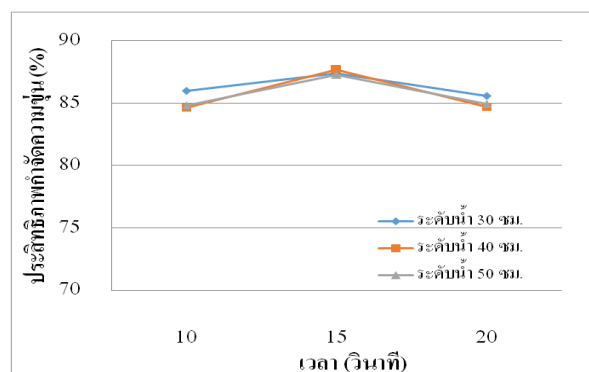
ตัวแปร	p-value
ระดับน้ำ	0.380
เวลาครระดับน้ำ	0.000
Interaction	0.785

### 3. ผลการวิจัย

#### 3.1 ผลของระดับน้ำในหอสุญญากาศต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของถังตกตะกอน



รูปที่ 3 ผลของระดับน้ำในหอสุญญากาศต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น



รูปที่ 4 ผลของเวลาครระดับน้ำในหอสุญญากาศต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น

ผลการวิจัยดังแสดงตารางที่ 2 พบว่า ที่ระดับน้ำ 30 เซนติเมตร และเวลาครระดับน้ำ 10, 15 และ 20 วินาที จะมีค่าประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น 85.97±1.76%, 87.37±1.47% และ 85.59±1.20% ตามลำดับ ที่ระดับน้ำ 40 เซนติเมตร และเวลาครระดับน้ำ 10, 15 และ 20 วินาที จะมีค่าประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น 84.63±1.94%, 87.66±1.27% และ 84.71±1.35% ตามลำดับ และที่ระดับน้ำ 50 เซนติเมตร และเวลาครระดับน้ำ 10, 15 และ 20 วินาที จะมีค่าประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น 84.81±1.16%, 87.26±1.69% และ 84.92±1.00% ตามลำดับ

วิเคราะห์ผลของระดับน้ำในหอสุญญากาศและเวลาครระดับน้ำ ด้วย ANOVA ดังแสดงในตารางที่ 3 จะพบว่า เวลาครระดับน้ำส่งผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของถังตกตะกอนอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95% (p-value ≤ 0.05) ส่วนระดับน้ำในหอสุญญากาศและผลรวมของระดับน้ำและเวลาครระดับน้ำ (อัตราฟลิวเซชัน) ไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของถังตกตะกอน (p-value > 0.05)

ตารางที่ 4 ความเข้มข้นของชั้นตะกอนที่ระดับความลึกชั้น B, M และ T กรณีระดับน้ำ 30, 40 และ 50 เซนติเมตร และ เวลาครระดับน้ำ 10, 15 และ 20 วินาที

เวลาครระดับน้ำ (วินาที)	ชั้นตะกอน	ระดับน้ำ (เซนติเมตร)		
		30	40	50
10	B	12.2	14.4	14.6
	M	11.4	13.6	13.2
	T	11.2	12.8	12.8
15	B	13.2	13.6	13.6
	M	12.8	12.8	13.2
	T	12.6	12.8	12.4
20	B	13.2	14.4	15.2
	M	12.0	12.0	14.4
	T	12.0	11.2	11.2

หมายเหตุ : จุดวัดความเข้มข้นชั้นตะกอน แสดงในรูปที่ 1

- B คือ ระดับความลึก 1.44 เมตรจากผิวน้ำ
- M คือ ระดับความลึก 0.9 เมตรจากผิวน้ำ
- T คือ ระดับความลึก 0.48 เมตรจากผิวน้ำ

รูปที่ 3 จะพบว่า เมื่อระดับน้ำในหอสุญญากาศเพิ่มขึ้น แต่ประสิทธิภาพการกำจัดความชุ่ม มีค่าไม่เปลี่ยนแปลง ทั้งในกรณีเวลาลดระดับน้ำ 10, 15 และ 20 [3] จากตารางที่ 4 และ 5 จะพบว่า เมื่อระดับน้ำเพิ่มขึ้นจะทำให้ความเข้มข้นของชั้นตะกอนเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะชั้น B เนื่องจากแรงกระแทกเพิ่มขึ้น ส่วนผลต่างของความเข้มข้นชั้นตะกอน มีค่าเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน ทำให้ชั้นตะกอนไม่เป็นเนื้อเดียวกัน

รูปที่ 4 จะพบว่า กรณีเวลาลดระดับน้ำ 15 วินาที จะมีค่าประสิทธิภาพการกำจัดความชุ่มสูงกว่าทั้งกรณี เวลาลดระดับน้ำ 10 และ 20 วินาที แสดงว่า เวลาลดระดับน้ำ ที่เหมาะสมจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดความชุ่มได้ เวลาลดระดับน้ำที่ต่ำหรือสูงเกินไปจะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดความชุ่มลดลง [2,10] จากตารางที่ 3 พบว่ากรณีเวลาลดระดับน้ำที่นานเกินไป จะทำให้มีแรงตกกระทบน้อย ส่งผลให้ความเข้มข้นของชั้นตะกอน T มีค่าลดลงต่ำกว่าชั้น B และ M มาก และกรณีระดับน้ำที่สูงเกินไป จะส่งผลให้จะทำให้มีแรงตกกระทบสูงเกินไป ทำให้ความเข้มข้นของชั้นตะกอนระดับ T มีค่าต่ำกว่าเมื่อเทียบกับชั้น M และชั้น B เนื่องจากตะกอนชั้น T เกิดการแตกตัว ทั้ง 2 กรณีแสดงให้เห็นว่า เวลาปล่อยน้ำที่ไม่เหมาะสม จะส่งผลให้ชั้นตะกอนเกิดความไม่เนื้อเดียวกัน

ตารางที่ 5 ผลต่างของความเข้มข้นของชั้นตะกอนระหว่างชั้น B และ T กรณีระดับน้ำ 30, 40 และ 50 เซนติเมตร และเวลาลดระดับน้ำ 10, 15 และ 20 วินาที

เวลาลดระดับน้ำ (วินาที)	ระดับน้ำ (เซนติเมตร)		
	30	40	50
10	1	1.6	1.8
15	0.6	0.8	1.2
20	1.2	3.2	4.0

หมายเหตุ : จุดวัดความเข้มข้นชั้นตะกอน แสดงในรูปที่ 1

- B คือ ระดับความลึก 1.44 เมตรจากผิวน้ำ
- T คือ ระดับความลึก 0.48 เมตรจากผิวน้ำ

การควบคุมถึงตกตะกอนให้ได้ประสิทธิผลและประสิทธิภาพที่ดีนั้น จะต้องควบคุมเวลาลดระดับน้ำให้มีความเหมาะสม สามารถพิจารณาได้จากกราฟวัดค่าความเข้มข้นของชั้นตะกอนในแต่ละชั้น โดยควรมีลักษณะของชั้นตะกอนเป็นเนื้อเดียวกันและมีความแตกต่างของความเข้มข้นของชั้นตะกอนน้อยที่สุด [11] ความแตกต่างของความเข้มข้นของชั้นตะกอน ระหว่างชั้น B และ T ที่มีค่าไม่เกิน 1.2% จะมีค่าประสิทธิภาพการกำจัดความชุ่มที่ไม่น้อยกว่า 86% ดังแสดงในตารางที่ 2 และ 5

### 5. สรุป

จากการศึกษาผลของระดับน้ำและเวลาลดระดับน้ำในหอสุญญากาศต่อประสิทธิภาพการกำจัดความชุ่มของถึงตกตะกอนชนิดชั้นตะกอน สรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. ระดับน้ำในหอสุญญากาศ 30, 40 และ 50 เซนติเมตร ไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดความชุ่ม
2. เวลาลดระดับน้ำ ส่งผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดความชุ่มอย่างมีนัยสำคัญ ที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเวลาลดระดับน้ำ 15 วินาที จะมีค่าประสิทธิภาพการกำจัดความชุ่มสูงกว่า เวลาลดระดับน้ำ 10 และ 20 วินาทีและมีค่าประสิทธิภาพการกำจัดความชุ่มเฉลี่ย 87.6%
3. ผลร่วมของระดับน้ำและเวลาลดระดับน้ำ (อัตราพัลเซชัน) ไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดความชุ่ม

การควบคุมถึงตกตะกอนชนิดชั้นตะกอน จะต้องควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ให้เหมาะสมและสอดคล้องกันไม่ว่าจะเป็น เวลาลดระดับน้ำ[2], ระดับน้ำ[2-5], อัตราผิวน้ำสัน[3]และอัตราการเติมสารตกตะกอน โดยใช้การพิจารณาความเข้มข้นและความแตกต่างของความเข้มข้นของชั้นตะกอน ให้มีความเป็นเนื้อเดียวกันได้มากที่สุด ซึ่งจะเป็นตัวบ่งชี้ว่า ถึงตกตะกอนมีประสิทธิภาพการกำจัดความชุ่มที่ดี[11]

## 5. เอกสารอ้างอิง

- [1] T. Wangpaisarn, Water supply engineering, 2<sup>th</sup> ed., Chulalongkorn University Press, 2003.
- [2] C. Chomsuwan, "Improvement turbidity removal efficiency of clarifier in water treatment process," M.E.dissertation (Industrial Engineering), Kasetsart University, Bangkok, Thailand, 2009.
- [3] S. Intrto, "Effect of pulsation rate, surface overflow rate and suction height on turbidity removal efficiency of pulsator clarifier," M.Sc. dissertation (Environmental Technology), Mahidol University, Nakorn Pathom, Thailand, 2005.
- [4] S. M. Khezri, E. Dadvar and H. H. Shekarabi, "A study of the suction height effect on turbidity removal efficiency of water in pulsator," Global Journal of Researches in Engineering, Vol. 12, pp. 6–12, May, 2012.
- [5] S. K. Al-Dawery, R. M. Hussain and K. M. Shabeeb, "Performance of pulsator clarifier (low turbidity)," Iraqi Journal of Chemical and Petroleum Engineering, Vol. 8, pp. 9–17, March, 2007.
- [6] E. L. Sharp, S. A. Parsons and B. Jefferson, "Seasonal variations in natural organic matter and its impact on coagulation in water treatment," Science of the Total Environment 363, pp. 183–194, June, 2006.
- [7] W. Mo, H. Wang and J. M. Jacobs, "Understanding the influence of climate change on the embodied energy of water supply," Water Research 95, pp. 220–229, March, 2016.
- [8] C. C. Dorea, "Coagulant-based emergency water treatment," Desalination 248, pp. 83-90, May, 2009.
- [9] Y. Tantipalakul, K. Palawatwichai, T. Detchakan and, J. Khaisan, "The study of optimal coagulants for water treatment process of Metropolitan Waterworks Authority," Burabha Journal of Science, Vol. 23, No.1, pp. 207–220, January, 2018.
- [10] A. C. Twort, D. D. Ratnayaka and M. J. Brandt, Water supply, 5<sup>th</sup> ed., Butterworth-Heinemann, 2006.
- [11] American Water Work Association and American Society of Civil Engineers, Water treatment plant design, 4<sup>th</sup> ed., McGraw-Hill, 1990.