6

การใช้งานและการควบคุมเครื่องกรองน้ำแบบอัตราการกรองลดลง

ร.อ.สุรจิตร สิทธิประณีต

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2526

ISBN 974 - 562 - 520 - 5

010375

1 18048776

OPERATION AND CONTROL OF A DECLINING - RATE FILTER

CAPTAIN SURAJIT SITTIPRANEED

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

For the Degree of Master of Engineering

Department of Sanitary Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1982

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การใช้งานและการควบคุมเครื่องกรองน้ำแบบอัตรากรองลดลง

โดย ร้อยเอก สุรจิตร สิทธิประณีต
ภาควิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ บุณยาคม)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สวัสดิ์ ธรรมมิกรักษ์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุทธิรักษ์ สุจริตานนท์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การใช้งานและการควบคุมเครื่องกรองน้ำแบบอัตรากรองลดลง
ชื่อนิสิต	ร้อยเอก สุรจิตร สิทธิประณีต
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์
ปีการศึกษา	2525

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

ระบบการกรองที่ควบคุมแบบอัตรากรองลดลงที่ใช้ในการวิจัยนี้ประกอบด้วยเครื่องกรอง 4 ตัวเชื่อมต่อเข้าด้วยกันด้วยท่อจ่ายน้ำร่วม นำเข้าเครื่องกรองแต่ละตัวที่ระดับต่ำกว่าระดับน้ำต่ำสุดในขณะกรองน้ำ น้ำที่กรองแล้วไหลไปตามท่อน้ำออกจนถึงถังเก็บน้ำใส ซึ่งมีทำนบเพื่อปรับระดับน้ำกรองให้อยู่เหนือผิวของสารกรอง ในการทำงานแบบนี้ระดับน้ำจะเท่า ๆ กันหมดในแต่ละเครื่องกรอง เครื่องกรองที่สะอาดที่สุดจะมีอัตรากรองสูงที่สุด ส่วนเครื่องกรองที่สกปรกที่สุดอัตรากรองต่ำที่สุด

ในการทดลองใช้น้ำดิบสังเคราะห์ที่มีความขุ่น 20, 40 และ 60 หน่วย (เอน ที ยู) และใช้สารส้มเป็นโคแอกกูแลนท์ เครื่องมือทดลองประกอบด้วยท่อทำด้วยท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.10 เมตร และชั้นทรายกรองสูง 0.80 เมตร จำนวน 4 เครื่อง ใช้อัตราการกรองเฉลี่ย 3 ระดับ คือ 5, 7.5 และ 10 เมตร/ชม. (2, 3 และ 4 แกลลอนต่อนาทีต่อตารางฟุต) จากการทดลองสรุปผลได้ดังนี้

1. ประสิทธิภาพในการลดค่าความขุ่นลงมีค่าประมาณ 97 % – 99 % สำหรับทุกอัตราการกรอง ส่วนความขุ่นของน้ำที่กรองได้จะมีค่าประมาณ 0.6 – 0.9 หน่วย(เอน ที ยู)

2. ค่าเฉลี่ยของระดับน้ำสูญเสียต่ำสุดคือ 65 ซม. ส่วนค่าเฉลี่ยของระดับน้ำสูญเสียสูงสุดคือ 180 ซม. ในเมื่อกำหนดให้มีการล้างเครื่องกรองที่เฮด 150 ซม. เสมอ

3. ผลของการกรองที่ดีที่สุด ได้จากการทดลองที่ใช้อัตราการกรอง 5 เมตร/ชม. และใช้น้ำที่มีความขุ่น 20 หน่วย เอน ที ยู

4. อายุของการกรองในแต่ละวัฏจักรมีค่าอยู่ในช่วง 8 – 30 ชม.

5. ปริมาตรน้ำที่ใช้ในการล้างเครื่องกรองครบหนึ่งวัฏจักร ทั้ง 9 การทดลอง มีค่าประมาณ 14 – 30 % ของปริมาตรน้ำที่กรองได้

Thesis Title Operation and Control of a Declining - Rate filter

Name Captain Surajit Sittipraneed

Thesis Adivisor Associate Professor Dr.Munsin Tuntoolavest

Department Sanitary Engineering

Academic year 1982

ABSTRACT

This declining - rate filtration system consists of four filters which are interconnected by a common influent header with individual inlets entering below the normal low operation water level of the filters and with outlets discharging into a clear well provided with a weir to assure a minimum static water level in the filters above the surface of the media. In such operation, the waterlevel is approximately the same in all operating filters. The highest and the lowest flow are obtained from the cleanest and dirtiest filter respectively.

Experiments has been carried out by using synthetic turbid water with turbidity of 20,40 and 60 NTU and alum as coagulant,

The equipment consists of four filters which were made of 0.10 meter diameter PVC pipe containing the filter media, sand with the hight of 0.80 meter. The average filter rates were 5,7.5 and 10 m/hr (2,3 and 4 gpm/ft^2) respectively. The results were as follows:

I. Turbidity removal efficency was 97 - 99 % for all filter rates and the turbidity of filtrate water was 0.6 - 0.9 NTU

2. The average maximum and minimum headloss were 65 and 180 cm respectively provided that the filters were always backwashed at 150 cm. loss of head.

3. The best filtration was obtained from the experiment of filter rate 2.6 lit/min and the turbidily of water was 20 NTU.

4. Time required for completing one cycle of filtration were in the rang of 8 - 30 hr.

5. The volume of backwash water for one cycle in these nine experiments was 14 - 30 % of filtrate water.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ อาจารย์ผู้ควบคุมการวิจัยอย่างสูง ซึ่งท่านได้ให้ข้อแนะนำและแนวทางสำหรับการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างสูง

และขอขอบคุณต่อคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาลที่ให้วิชาความรู้ในทางวิศวกรรมสุขาภิบาล

บรรดา พี่ เพื่อน และน้องที่ให้ความร่วมมือและช่วยเหลือในการวิจัยครั้งนี้จนกระทั่งสำเร็จไปด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์นี้ ขอมอบให้แก่คุณพ่อ คุณแม่ ภรรยา และลูก ของผู้วิจัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญเรื่อง ..... ฌ

สารบัญตารางประกอบ ..... ฎ

สารบัญภาพประกอบ ..... ฒ

บทที่

1. บทนำ 1

1.1 กล่าวโดยทั่วไป 1

1.2 วัตถุประสงค์ 1

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2

2. การสำรวจเอกสาร 3

2.1 ประเภทของการกรองเร็ว 3

2.2 บทบาทและตำแหน่งของเครื่องกรองน้ำในโรงงานประปา 4

2.2.1 ระบบประปาแบบธรรมดา 4

2.2.2 ระบบประปาแบบกรองโดยตรง 5

2.2.3 ระบบประปาที่มีถังโซลิดซ์คอนแทคท์ 5

2.3 กลไกของการกรองน้ำ 6

2.3.1 กลไกเคลื่อนย้ายแขวนลอยเข้าหาสารกรอง ... 6

2.3.2 กลไกจับสารแขวนลอย 8

หน้า

2.4 ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการกรองน้ำ 12
2.4.1 การเตรียมน้ำก่อนกรอง 12
2.4.2 ความแปรปรวนของอัตรากรอง 12
2.4.3 ขนาดของการกรอง 13
2.4.4 อัตราล้างย้อน 14
2.4.5 คุณภาพของน้ำดิบ 14
2.4.6 ความหนาของชั้นกรอง 14
2.4.7 อายุของเครื่องน้ำ 15
2.5 ระบบควบคุมการกรองน้ำแบบต่าง ๆ 17
2.5.1 การกรองน้ำที่ใช้เครื่องควบคุมอัตรากรอง 17
2.5.2 การกรองน้ำแบบ Influent Flow Spliting 21
2.5.3 การกรองน้ำด้วยอัตราลดลง 21
2.6 ประสบการณ์ในการใช้เครื่องกรองแบบอัตรากรองลดลง .. 25
2.7 ข้อดีและข้อเสียของการควบคุมแบบอัตรากรองลดลง 29
3. แผนการทดลองและวิจัย 31
3.1 แผนการวิจัย 31
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือวิจัยทดลอง 31
3.3 การเตรียมน้ำดิบ 41
3.4 การเตรียมเครื่องกรองแบบอัตรากรองลด 42
3.5 การทดลอง 43

หน้า

4. ผลการทดลองและวิจารณ์ 46

4.1 พฤติกรรมของเครื่องกรองแบบอัตรากรองลดลง 50

4.1.1 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในเครื่องกรองแบบอัตราลดลง 50

4.1.2 การเปลี่ยนแปลงของอัตรากรองของเครื่องกรองแต่ละตัว 66

4.1.3 ผลกระทบของการล้างเครื่องกรอง 67

4.2 ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นของเครื่องกรอง 69

4.3 เวลาในการกรองของเครื่องกรองแบบอัตรากรองลดลง .. 69

4.4 ปริมาตรการกรอง 79

4.5 ปริมาณน้ำที่ใช้ในการล้างย้อน 79

5. สรุปผลการทดลอง 82

6. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยภายหน้า 85

เอกสารอ้างอิง 86

ภาคผนวก 90

ประวัติผู้วิจัย 154

สารบัญตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
3.1	รายละเอียดของแผนการวิจัย	32
3.2	ความถี่ในการชักและวิเคราะห์ตัวอย่าง	32
4.1	การสูญเสียเฮดเมื่อน้ำสะอาดผ่านชั้นทราย	47
4.2	การสูญเสียเฮดเมื่อน้ำสะอาดผ่านชั้นกรวดและ Underdrain	48
4.3	การสูญเสียเฮดเมื่อน้ำสะอาดผ่านชั้นทราย กรวด และ Underdrain ..	49
4.4	เป็นการสรุปให้เห็นถึงอิทธิพลของอัตรากรองเฉลี่ยและความขุ่นของน้ำดิบที่มีต่อการกำหนดค่า a และ c	62
4.5	ผลกระทบของการล้างเครื่องกรองที่มีต่อความขุ่นอัตราการกรองและการสูญเสียเฮด	68
4.6	สรุปผลการทดลองเครื่องกรองที่ควบคุมแบบอัตรากรองลดลง	80
ก.1	ความขุ่นของน้ำกรองที่เวลาต่าง ๆ ของการทดลองที่ 1	92
ก.2	ความขุ่นของน้ำกรองที่เวลาต่าง ๆ ของการทดลองที่ 2	96
ก.3	ความขุ่นของน้ำกรองที่เวลาต่าง ๆ ของการทดลองที่ 3	98
ก.4	ความขุ่นของน้ำกรองที่เวลาต่าง ๆ ของการทดลองที่ 4	100
ก.5	ความขุ่นของน้ำกรองที่เวลาต่าง ๆ ของการทดลองที่ 5	102
ก.6	ความขุ่นของน้ำกรองที่เวลาต่าง ๆ ของการทดลองที่ 6	104
ก.7	ความขุ่นของน้ำกรองที่เวลาต่าง ๆ ของการทดลองที่ 7	105
ก.8	ความขุ่นของน้ำกรองที่เวลาต่าง ๆ ของการทดลองที่ 8	106
ก.9	ความขุ่นของน้ำกรองที่เวลาต่าง ๆ ของการทดลองที่ 9	107

ตารางที่ หน้า

ข.1 การสูญเสียเฮดที่เวลาต่าง ๆ ของการทดลองที่ 1 109

ข.2 การสูญเสียเฮดที่เวลาต่าง ๆ ของการทดลองที่ 2 113

ข.3 การสูญเสียเฮดที่เวลาต่าง ๆ ของการทดลองที่ 3 115

ข.4 การสูญเสียเฮดที่เวลาต่าง ๆ ของการทดลองที่ 4 117

ข.5 การสูญเสียเฮดที่เวลาต่าง ๆ ของการทดลองที่ 5 119

ข.6 การสูญเสียเฮดที่เวลาต่าง ๆ ของการทดลองที่ 6 121

ข.7 การสูญเสียเฮดที่เวลาต่าง ๆ ของการทดลองที่ 7 122

ข.8 การสูญเสียเฮดที่เวลาต่าง ๆ ของการทดลองที่ 8 123

ข.9 การสูญเสียเฮดที่เวลาต่าง ๆ ของการทดลองที่ 9 124

ค.1 อัตรากรองที่แท้จริงของเครื่องกรองต่าง ๆ ของการทดลองที่ 1 126

ค.2 อัตรากรองที่แท้จริงของเครื่องกรองต่าง ๆ ของการทดลองที่ 2 130

ค.3 อัตรากรองที่แท้จริงของเครื่องกรองต่าง ๆ ของการทดลองที่ 3 132

ค.4 อัตรากรองที่แท้จริงของเครื่องกรองต่าง ๆ ของการทดลองที่ 4 134

ค.5 อัตรากรองที่แท้จริงของเครื่องกรองต่าง ๆ ของการทดลองที่ 5 136

ค.6 อัตรากรองที่แท้จริงของเครื่องกรองต่าง ๆ ของการทดลองที่ 6 138

ค.7 อัตรากรองที่แท้จริงของเครื่องกรองต่าง ๆ ของการทดลองที่ 7 139

ค.8 อัตรากรองที่แท้จริงของเครื่องกรองต่าง ๆ ของการทดลองที่ 8 140

ค.9 อัตรากรองที่แท้จริงของเครื่องกรองต่าง ๆ ของการทดลองที่ 9 141

ง.1 ความขุ่นที่ออกจากการล้างเครื่องกรองและปริมาณน้ำที่ใช้ในการล้างย้อน ของการทดลองที่ 1 143

ง.2 ความขุ่นที่ออกจากการล้างเครื่องกรองและปริมาณน้ำที่ใช้ในการล้างย้อน ของการทดลองที่ 2 144

ตารางที่ หน้า

ง.3 ความขุ่นที่ออกจากการล้างเครื่องกรองและปริมาณน้ำที่ใช้ในการล้างย้อน ของการทดลองที่ 3 145

ง.4 ความขุ่นที่ออกจากการล้างเครื่องกรองและปริมาณน้ำที่ใช้ในการล้างย้อน ของการทดลองที่ 4 146

ง.5 ความขุ่นที่ออกจากการล้างเครื่องกรองและปริมาณน้ำที่ใช้ในการล้างย้อน ของการทดลองที่ 5 147

ง.6 ความขุ่นที่ออกจากการล้างเครื่องกรองและปริมาณน้ำที่ใช้ในการล้างย้อน ของการทดลองที่ 6 148

ง.7 ความขุ่นที่ออกจากการล้างเครื่องกรองและปริมาณน้ำที่ใช้ในการล้างย้อน ของการทดลองที่ 7 149

ง.8 ความขุ่นที่ออกจากการล้างเครื่องกรองและปริมาณน้ำที่ใช้ในการล้างย้อน ของการทดลองที่ 8 150

ง.9 ความขุ่นที่ออกจากการล้างเครื่องกรองและปริมาณน้ำที่ใช้ในการล้างย้อน ของการทดลองที่ 9 151

สารบัญภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
2.1	ระบบประปาแบบธรรมดา	4
2.2	ระบบประปาแบบกรองโดยตรง	5
2.3	ระบบประปาแบบใช้ถังโซลิดคอนแทคท์	5
2.4	กลไกในการเคลื่อนย้ายสารแขวนลอยในน้ำเข้าหาสารกรอง	6
2.5	ประสิทธิภาพในการเคลื่อนย้ายสารแขวนลอยขึ้นอยู่กับขนาด	7
2.6	กลไกของการกรองน้ำในเครื่องกรองแบบทรายกรองเร็ว	9
2.7	รูปแบบของการสูญเสียเฮดของเครื่องกรองที่มีการกรองแบบติดผิว	9
2.8	การเพิ่มอัตรากรองทำให้สามารถชลออัตราการเพิ่มของการสูญเสียเฮดของเครื่องกรองที่มีกลไกแบบติดผิวและสามารถผลิตน้ำได้มากขึ้น	8
2.9	ลักษณะการสูญเสียเฮดของเครื่องกรองซึ่งการกำจัดความขุ่นเกิดขึ้นได้ลึกลงไปในชั้นกรอง จะเห็นได้ว่าเครื่องกรองแบบ 2 ชั้นกรองได้ผลดีกว่าเครื่องกรองแบบธรรมดา	11
2.10	การกรองน้ำแบบอัตราลดสามารถผลิตน้ำได้มากกว่าการกรองแบบอัตราคงที่ ...	13
2.11	อิทธิพลของขนาดของสารกรองที่มีต่ออายุของการกรอง	13
2.12	อิทธิพลของขนาดของสารกรองที่มีต่อความใสของน้ำที่กรองได้	13
2.13	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการผลิตน้ำกับอายุของเครื่องกรองที่อัตรากรองต่าง ๆ จะเห็นได้ว่า การล้างเครื่องกรองน้อยกว่าวันละ 1 – 2 ครั้ง ไม่ช่วยทำให้ผลิตน้ำได้มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ	16
2.14	เครื่องกรองน้ำที่มี $t_1 = t_2$	17
2.15	การควบคุมเครื่องกรองแบบง่ายที่สุด	18
2.16	ตัวอย่างการควบคุมการกรองน้ำด้วยวาล์วลูกลอย	19
2.17	เครื่องควบคุมอัตรากรองน้ำแบบอัตโนมัติ	20
2.18	การยกทางน้ำออกให้สูงกว่าผิวบนของชั้นกรอง ทำให้มีน้ำท่วมชั้นกรองเสมอและยังทำให้ Negative Headloss ไม่เกิดขึ้น	18

2.19 เครื่องกรองที่ควบคุมแบบ Influent Flow Splitting 22
2.20 เครื่องกรองน้ำที่ควบคุมแบบอัตรากรองลดลง 24
2.21 ระบบเครื่องกรองแบบอัตรากรองลด 27
2.22 อัตราการกรอง การสูญเสียเฮดและระดับน้ำระหว่างเครื่องกรองหนึ่งตัว ทำงานในระบบอัตรากรองลด ซึ่งโรงกรองต้องมีเครื่องกรอง 4 ตัว 28
3.1 SCHEMATIC DIAGRAM OF DECLING - RATE FILTER SYSTEM 33
3.2 PERSPECTIVE DIAGRAM OF DECLING - RATE FILTER SYSTEM 34
3.3 การติดตั้งระบบกรองน้ำในห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล 35
3.4 ท่อจ่ายน้ำเข้าเครื่องกรอง 38
3.5 ตัวเครื่องกรองน้ำ 39
3.6 TOP VIEW แสดงการวางเครื่องกรอง ท่อจ่ายน้ำ ถังพักน้ำและทิศทางน้ำไหล .. 44
3.7 FRONT VIEW และ SIDE VIEW แสดงการวางเครื่องกรองและอุปกรณ์อื่น ๆ . 45
4.1 การสูญเสียเฮดของเครื่องกรองที่สะอาด ที่อัตรากรองต่าง ๆ 46
ภาพที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงของอัตรากรองและเฮดที่สูญเสีย สำหรับการทดลองที่ 1 ... 51
ภาพที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงของอัตรากรองและเฮดที่สูญเสีย สำหรับการทดลองที่ 2 ... 52
ภาพที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงของอัตรากรองและเฮดที่สูญเสีย สำหรับการทดลองที่ 3 ... 53
ภาพที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงของอัตรากรองและเฮดที่สูญเสีย สำหรับการทดลองที่ 4 ... 54
ภาพที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงของอัตรากรองและเฮดที่สูญเสีย สำหรับการทดลองที่ 5 ... 55
ภาพที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงของอัตรากรองและเฮดที่สูญเสีย สำหรับการทดลองที่ 6 ... 56
ภาพที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงของอัตรากรองและเฮดที่สูญเสีย สำหรับการทดลองที่ 7 ... 57
ภาพที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงของอัตรากรองและเฮดที่สูญเสีย สำหรับการทดลองที่ 8 ... 58
ภาพที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงของอัตรากรองและเฮดที่สูญเสีย สำหรับการทดลองที่ 9 ... 59
ภาพที่ 4.11 อิทธิพลของอัตรากรองเฉลี่ยในการกำหนดค่า a ที่ระดับความขุ่นของน้ำดิบ .. 64
ภาพที่ 4.12 อิทธิพลของความขุ่นของน้ำดิบในการกำหนดค่า a ที่อัตรากรองเฉลี่ยต่าง ๆ .. 64
ภาพที่ 4.13 ประสิทธิภาพในการกรองน้ำ สำหรับการทดลองที่ 1 70
ภาพที่ 4.14 ประสิทธิภาพในการกรองน้ำ สำหรับการทดลองที่ 2 71
ภาพที่ 4.15 ประสิทธิภาพในการกรองน้ำ สำหรับการทดลองที่ 3 72
ภาพที่ 4.16 ประสิทธิภาพในการกรองน้ำ สำหรับการทดลองที่ 4 73

หน้า

ภาพที่ 4.17 ประสิทธิภาพในการกรองน้ำ สำหรับการทดลองที่ 5 74
ภาพที่ 4.18 ประสิทธิภาพในการกรองน้ำ สำหรับการทดลองที่ 6 75
ภาพที่ 4.19 ประสิทธิภาพในการกรองน้ำ สำหรับการทดลองที่ 7 76
ภาพที่ 4.20 ประสิทธิภาพในการกรองน้ำ สำหรับการทดลองที่ 8 77
ภาพที่ 4.21 ประสิทธิภาพในการกรองน้ำ สำหรับการทดลองที่ 9 78