



องค์ความรู้ด้านเทคนิค
การใช้เครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำเบื้องต้น
เพื่อควบคุมคุณภาพน้ำในกระบวนการผลิต

งานระบบประปา ส่วนอาคารสถานที่
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำนำ

ในการผลิตน้ำประปาคุณภาพของน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำประปาเป็นหัวใจสำคัญของผู้ใช้น้ำ การตรวจวัดคุณภาพน้ำอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพเป็นกระบวนการพื้นฐานที่ช่วยให้มั่นใจได้ว่าน้ำประปาที่ส่งถึงผู้ใช้งานมีคุณภาพตรงตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ คู่มือเล่มนี้ถูกจัดทำขึ้นเพื่อให้ความรู้ความเข้าใจด้านเทคนิคเกี่ยวกับการใช้งานเครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำเบื้องต้น ซึ่งครอบคลุมถึงการใช้อุปกรณ์พื้นฐาน อันเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยควบคุมกระบวนการผลิตน้ำประปาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีให้มีประสิทธิภาพ เนื้อหาในคู่มือจะประกอบไปด้วยความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับกระบวนการผลิตน้ำประปา การควบคุมการใช้สารเคมี และการตรวจวัดคุณภาพน้ำประปาเบื้องต้นโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำ ที่สำคัญ เช่น เครื่องวัดค่าความขุ่น (HACH 2100Q) ที่สามารถวิเคราะห์ความโปร่งใสของน้ำ เครื่องวัดค่าคลอรีน (Pocket Colorimeter™ II Chlorine) ที่ช่วยตรวจสอบระดับสารฆ่าเชื้อ เครื่องวัดค่าสี (EC2000 Lovibond) ที่ใช้วัดค่าสีปรากฏในน้ำ และเครื่องวัดค่าพีเอช (HQ40D pH Meter) ที่จำเป็นสำหรับการรักษาสมดุลทางเคมีของน้ำ นอกจากนี้ คู่มือยังอธิบายถึงขั้นตอนการบำรุงรักษาและการอ่านค่าอย่างถูกต้อง เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถใช้อุปกรณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

หวังว่าคู่มือเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้ปฏิบัติงาน ตั้งแต่ผู้เริ่มต้นจนถึงผู้ที่มีประสบการณ์ และสามารถช่วยส่งเสริมคุณภาพงานในระบบน้ำประปาให้สูงขึ้น รวมถึงสร้างความมั่นใจว่ากระบวนการผลิตน้ำประปาจะตอบสนองต่อมาตรฐานคุณภาพน้ำประปา และความต้องการของผู้ใช้น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เบญจมาภรณ์ สุขตน

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
คำนำ	ก
สารบัญ	ข
กระบวนการผลิตน้ำประปาในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	1
การควบคุมปริมาณการใช้สารเคมีในระบบผลิตน้ำประปา	3
การตรวจวัดคุณภาพน้ำประปาเบื้องต้น	6
การจัดเก็บตัวอย่างน้ำในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิต	6
หลักการทำงานและวิธีการใช้งานของเครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำ	10
เครื่องวัดค่า สี	10
เครื่องวัดความขุ่น	13
เครื่องวัดค่า pH	15
เครื่องวัดค่าคลอรีน	17
การวิเคราะห์ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำประปา และมาตรฐานคุณภาพน้ำประปา	19
รายการอ้างอิง	22

กระบวนการผลิตน้ำประปาในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1. หลักการของกระบวนการผลิตน้ำประปา

กระบวนการผลิตน้ำประปาเป็นกระบวนการที่ออกแบบมาเพื่อเปลี่ยนน้ำดิบให้เป็นน้ำที่มีคุณภาพเหมาะสมสำหรับการอุปโภคและใช้งาน โดยมีขั้นตอนที่สำคัญดังนี้

1.1 การจัดหาวัตถุดิบ (Raw Water Supply)

แหล่งน้ำดิบมีความสำคัญในกระบวนการผลิตน้ำประปาเป็นอย่างมาก หากน้ำดิบมีคุณภาพที่ดีจะส่งผลทำให้ง่ายต่อการปรับปรุงคุณภาพน้ำ แหล่งที่มาของน้ำดิบหลักมักมาจากแหล่งน้ำผิวดิน เช่น แม่น้ำ และอ่างเก็บน้ำ รวมถึงแหล่งน้ำใต้ดิน ซึ่งการเพิ่มขึ้นของประชากร และการขยายตัวของเมืองทำให้ความต้องการใช้น้ำเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้เกิดความจำเป็นในการบริหารจัดการแหล่งน้ำอย่างยั่งยืน

1.2 การปรับปรุงคุณภาพน้ำดิบ (Pretreatment)

การปรับปรุงคุณภาพน้ำดิบขั้นต้นเป็นขั้นตอนเริ่มต้นที่จำเป็นในระบบจัดการน้ำเพื่อเตรียมน้ำดิบสำหรับกระบวนการผลิตน้ำประปา ซึ่งในขั้นตอนนี้จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต สามารถลดต้นทุนการผลิต และลดผลกระทบต่ออุปกรณ์และโครงสร้างระบบที่เกิดจากการทำงานหนักเกินไปได้

1.3 การตกตะกอน (Sedimentation)

การตกตะกอนเป็นขั้นตอนในการแยกสารปนเปื้อน และอนุภาคแข็งที่ปนเปื้อนมากับน้ำดิบ เช่น ดิน ทราย และสารอินทรีย์ ออกจากน้ำ ซึ่งขั้นตอนนี้ใช้หลักการของแรงโน้มถ่วงเพื่อทำให้อนุภาคหนักตกลงสู่ก้นถัง และน้ำส่วนใสที่อยู่ด้านบนจะไหลเข้าสู่ขั้นตอนถัดไป

1.4 การกรอง (Filtration)

การกรองเป็นขั้นตอนในการแยกอนุภาคที่มีขนาดเล็กและไม่สามารถตกลงสู่ก้นถังได้ในขั้นตอนการตกตะกอน น้ำที่ผ่านการกรองมีความสะอาดและปลอดภัยมากขึ้นสำหรับการอุปโภค โดยลดสิ่งปนเปื้อนที่อาจส่งผลต่อสุขภาพได้

1.5 การฆ่าเชื้อโรค (Disinfection)

น้ำที่ได้จากแหล่งน้ำธรรมชาติมักมีจุลินทรีย์ที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ การฆ่าเชื้อโรคจึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการผลิตน้ำประปาลดความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายของโรคที่เกิดจากน้ำ เช่น โรคบิด และโรคอุจจาระร่วง เป็นต้น ซึ่งขั้นตอนนี้จะช่วยเพิ่มความมั่นใจในคุณภาพน้ำที่ส่งถึงผู้บริโภคและผู้ใช้งานอีกด้วย

1.6 การเก็บรักษาและจ่ายน้ำ (Storage and Distribution)

การเก็บรักษาและจ่ายน้ำที่มีคุณภาพดีช่วยป้องกันโรคที่เกิดจากน้ำ ระบบการเก็บรักษาน้ำนอกจากจะออกแบบมาเพื่อเก็บกักน้ำเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการการใช้น้ำแล้ว ยังออกแบบมาเพื่อช่วยลดความเสี่ยงจากการปนเปื้อนของจุลินทรีย์และสารเคมีอันตราย และระบบจ่ายน้ำที่มีประสิทธิภาพสามารถสูบน้ำได้อย่าง

สม่าเสมอ ไม่มีการแทรกซึมระหว่างทางช่วยให้มั่นใจได้ว่าน้ำประปาจะถูกส่งไปถึงผู้ใช้งานปลายทางโดยไม่มีการปนเปื้อนระหว่างทาง

2. ขั้นตอนการผลิตน้ำประปาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ขั้นตอน	รายละเอียด
แหล่งน้ำดิบ	สูบน้ำดิบจากแหล่งน้ำผิวดินภายในมหาวิทยาลัย (อ่างสระ 1-2, บ่อเก็บน้ำห่อ 10-11)
Chlorine	ปรับปรุงคุณภาพน้ำดิบขั้นต้น (Pretreatment) โดยการเติมสารคลอรีน (Chlorine) ลงในเส้นท่อ
บ่อพักน้ำดิบ	น้ำดิบที่ผ่านการเติมสารคลอรีนจะถูกนำมาพักในบ่อพักน้ำดิบเพื่อให้ความเข้มข้นของคลอรีนคงเหลือไม่เกิน 0.5 mg/l
Poly Aluminium Chloride	เติมสารเคมีในเส้นท่อก่อนเข้าสู่ถังตกตะกอน
Anionic Polymer	1. เติมสารเคมีที่ใช้ในการสร้างตะกอน ได้แก่ Poly Aluminium Chloride (โพลีลูมิเนียมคลอไรด์) 2. เติมสารเคมีที่ใช้ในการรวมตะกอน ได้แก่ Anionic Polymer (โพลีเมอร์ประจุลบ)
ถังตกตะกอน	น้ำดิบที่ผสมสารแพคและโพลีเมอร์จะไหลเข้าสู่ถังตกตะกอนเพื่อสร้างตะกอนให้มีขนาดใหญ่ และรวมตะกอนให้ตกลงสู่กันถึง น้ำส่วนใสจะอยู่ด้านบน
ถังตกตะกอนขั้นที่ 2	น้ำส่วนใสจากถังตกตะกอนจะไหลเข้าสู่ถังตกตะกอนขั้นที่ 2 เพื่อให้ตะกอนที่ไม่สามารถตกได้ในถังตกตะกอนและหลุดลอยมากับน้ำส่วนใส ได้ตกลงสู่กันถึงในขั้นตอนนี้
ระบบกรองน้ำแบบกรองดิสก์ (Disc Filter)	กรองเพื่อกำจัดตะกอนขนาดเล็กที่ไม่สามารถตกลงสู่กันถึงในถังตกตะกอนขั้นที่ 2 ได้
Chlorine	เติมสารคลอรีน (Chlorine) เพื่อฆ่าเชื้อโรคในน้ำที่ผ่านการกรอง
ถังเก็บน้ำใส	น้ำที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพจะถูกนำมาพักเก็บไว้ในถังน้ำใสเพื่อรอการส่งจ่าย
ระบบปั๊มสูบน้ำส่งจ่ายน้ำประปา	สูบน้ำส่งจ่ายน้ำประปาภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยี-สุรนารี

การควบคุมปริมาณการใช้สารเคมีในระบบผลิตน้ำประปา

1. หลักการของการควบคุมปริมาณการใช้สารเคมีในระบบผลิตน้ำประปา

การควบคุมปริมาณการใช้สารเคมีในระบบผลิตน้ำประปาเป็นกระบวนการที่สำคัญเพื่อให้มั่นใจว่าน้ำประปามีคุณภาพและปลอดภัยต่อการอุปโภค โดยมีหลักการดังนี้

1.1 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำดิบ

น้ำดิบที่นำเข้าสู่ระบบผลิตน้ำประปาจะต้องผ่านการตรวจสอบคุณภาพ ได้แก่ ค่าความขุ่น ค่า pH และค่าสี เพื่อกำหนดชนิดและปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำได้อย่างเหมาะสม

1.2 การเลือกใช้สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำประปา เช่น Poly Aluminium Chloride สำหรับการตกตะกอน คลอรีนสำหรับการฆ่าเชื้อ และโพลิเมอร์สำหรับการรวมตัวของตะกอน จะต้องเลือกใช้ตามมาตรฐานที่กำหนดโดยองค์การอนามัยโลก (WHO) และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

1.3 การคำนวณปริมาณสารเคมี

การคำนวณปริมาณสารเคมีที่ใช้จะต้องอิงกับผลการวิเคราะห์น้ำดิบและการทดสอบจาร์เทส (Jar Test) เพื่อหาปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมที่สุดในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ

1.4 การตรวจสอบและปรับปรุง

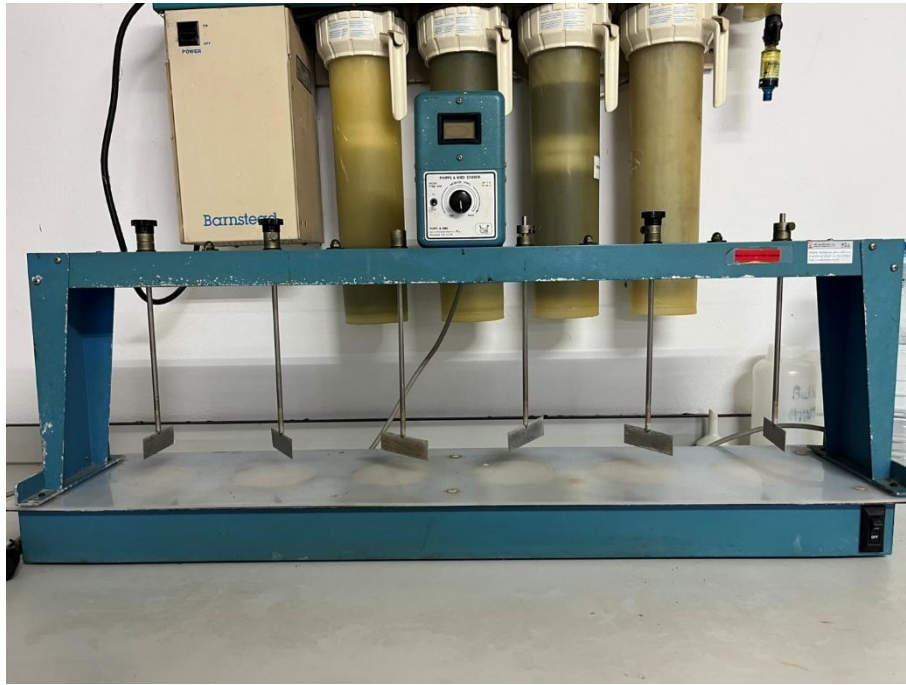
มีการตรวจสอบผลการใช้สารเคมีในแต่ละขั้นตอน เช่น การตกตะกอนและการฆ่าเชื้อเพื่อปรับปรุงปริมาณสารเคมีให้เหมาะสมและลดการใช้สารเคมีที่เกินความจำเป็น

1.5 การจัดการสารเคมี

สารเคมีจะต้องถูกจัดเก็บในสถานที่ที่ปลอดภัยและมีการควบคุมการจ่ายสารเคมีอย่างแม่นยำผ่านระบบอัตโนมัติ เช่น ระบบปั๊มจ่ายสารเคมี (Chemical Dosing Pump)

2. การควบคุมปริมาณการใช้สารเคมีในระบบผลิตน้ำประปามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ขั้นตอน	รายละเอียด
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">วิเคราะห์คุณภาพน้ำดิบ</div> <p style="text-align: center;">↓</p>	ตรวจสอบคุณภาพน้ำดิบ (ค่าความขุ่น ค่าสี กลิ่น pH และคลอรีน)
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Jar Test</div> <p style="text-align: center;">↓</p>	ทดลองหาปริมาณความต้องการสารเคมีของน้ำดิบ (Jar Test)
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">ตรวจสอบคุณภาพสารเคมี</div> <p style="text-align: center;">↓</p>	ตรวจสอบคุณภาพสารเคมี (แพค โพลีเมอร์ และคลอรีน)
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">ตรวจสอบอัตราการจ่ายสารเคมี</div> <p style="text-align: center;">↓</p>	ตรวจสอบอัตราการจ่ายสารเคมี และปรับอัตราสูบน้ำจ่ายสารเคมีตามตารางความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการผลิตและอัตราการสูบน้ำจ่ายสารเคมี
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">ตรวจสอบถังตกตะกอน</div> <p style="text-align: center;">↓</p>	ตรวจสอบประสิทธิภาพการสร้างตะกอนในถังตกตะกอน
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">ตรวจสอบคุณภาพน้ำในกระบวนการผลิตน้ำประปา</div>	ตรวจสอบคุณภาพน้ำในกระบวนการผลิตน้ำประปา โดยเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำประปา (ค่าความขุ่น ค่าสี กลิ่น pH และคลอรีน)



รูปที่ 1 เครื่องทดสอบการตกตะกอน (Jar Test)



รูปที่ 2 ป้มนส่งจ่ายสารเคมี

การตรวจวัดคุณภาพน้ำประปาเบื้องต้น

การตรวจวัดคุณภาพน้ำประปาเบื้องต้นเป็นกระบวนการสำคัญในการประเมินประสิทธิภาพของการผลิตและจ่ายน้ำ ซึ่งจะช่วยให้ผู้ควบคุมระบบน้ำประปาสามารถตัดสินใจและปรับปรุงระบบได้อย่างเหมาะสม โดยอ้างอิงจากข้อมูลคุณภาพน้ำ เช่น ค่าสี ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณคลอรีนตกค้าง และความขุ่นของน้ำ นอกจากนี้การตรวจวัดอย่างต่อเนื่องยังช่วยลดความเสี่ยงจากความผิดพลาดในระบบ เช่น การปนเปื้อนของสารเคมีหรือการขาดสารฆ่าเชื้อที่เหมาะสม ซึ่งอาจทำให้น้ำที่ผลิตออกมาไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน หากผู้ควบคุมระบบสามารถวิเคราะห์ และแก้ไขปัญหาได้ทันที่ ย่อมช่วยลดความสูญเสียและเพิ่มความเชื่อมั่นในระบบการผลิตน้ำ

1. การจับตัวอย่างน้ำในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิต

การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องและเชื่อถือได้ครอบคลุมทุกขั้นตอน เริ่มต้นจากการกำหนดวัตถุประสงค์อย่างชัดเจน เลือกตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับการเก็บตัวอย่าง และเตรียมอุปกรณ์ที่เหมาะสมกับประเภทของน้ำที่ตรวจสอบ การปฏิบัติตามขั้นตอนการเก็บตัวอย่าง เช่น การเก็บน้ำให้เต็มภาชนะหรือการหลีกเลี่ยงการสัมผัสผิวน้ำในภาชนะ ช่วยป้องกันการปนเปื้อนและการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำ

1.1 จุดเก็บตัวอย่างน้ำในระบบผลิตน้ำประปา

1) แหล่งน้ำดิบ



รูปที่ 3 อ่างสระ 1-2

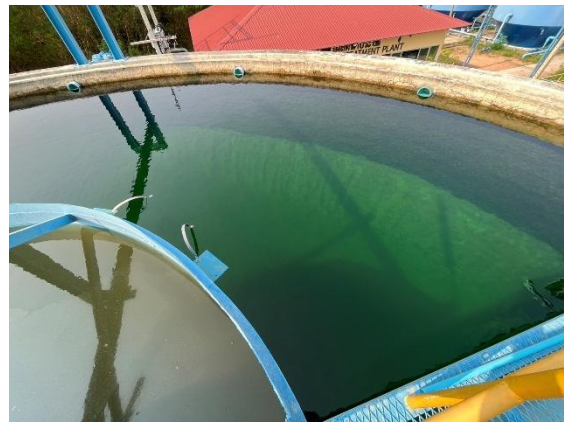


รูปที่ 4 บ่อเก็บน้ำหอ 10



รูปที่ 5 บ่อเก็บน้ำหอ 11

2) ถังตกตะกอน



รูปที่ 6 ถังตกตะกอนระบบผลิตน้ำประปาชุดที่ 5



รูปที่ 7 ถังตกตะกอนระบบผลิตน้ำประปาชุดที่ 6-7-8

3) ถังตกตะกอนชั้นที่ 2



รูปที่ 8 ถังตกตะกอนชั้นที่ 2
ของระบบผลิตน้ำประปาชุดที่ 5





รูปที่ 9 ถังตกตะกอนชั้นที่ 2
ระบบผลิตน้ำประปาชุดที่ 6-7-8

4) หลังจากผ่านระบบกรอง

		
<p>รูปที่ 10 จุดเก็บตัวอย่างน้ำหลังผ่านระบบกรองน้ำแบบกรองดิสก์ (Disc Filter) ชุดที่ 1</p>	<p>รูปที่ 11 จุดเก็บตัวอย่างน้ำหลังผ่านระบบกรองน้ำแบบกรองดิสก์ (Disc Filter) ชุดที่ 2</p>	<p>รูปที่ 12 จุดเก็บตัวอย่างน้ำหลังผ่านระบบกรองน้ำแบบกรองดิสก์ (Disc Filter) ชุดที่ 3</p>

5) ถังเก็บน้ำใส

	
<p>รูปที่ 13 ถังเก็บน้ำใส</p>	

1.2 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำ และภาชนะบรรจุตัวอย่างน้ำ

	
รูปที่ 14 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำ	รูปที่ 15 ภาชนะบรรจุตัวอย่างน้ำ

2. หลักการทำงานและวิธีการใช้งานของเครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำ

ดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำที่ถูกนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตน้ำประปาเบื้องต้นของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (มทส.) ได้แก่ ค่าสี ความขุ่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปริมาณคลอริเนตก้างในน้ำ

2.1 เครื่องวัดค่าสี

เครื่องวัดสี EC2000 ของ Lovibond ใช้หลักการวัดสีแบบอิมัลชันที่เรียกว่า EComparator ซึ่งช่วยให้การวัดสีมีความแม่นยำและลดความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดจากการวัดด้วยสายตา (Visual Measurement) โดยเครื่องนี้ออกแบบมาเพื่อวัดสีในมาตรฐานต่าง ๆ เช่น Platinum Cobalt Scale (Pt-Co) หรือ Hazen/APHA Colour Scale ซึ่งใช้ในงานวิเคราะห์น้ำและสารเคมี



รูปที่ 16 เครื่องวัดค่าสี

หลักการทำงาน

- 1) การวัดแสงที่ส่งผ่านตัวอย่าง เครื่อง EC2000 ใช้แหล่งกำเนิดแสงที่มีความเสถียรเพื่อส่งแสงผ่านตัวอย่างที่ต้องการวัดสี
- 2) การตรวจจับแสง ตัวตรวจจับแสงจะวัดปริมาณแสงที่ผ่านตัวอย่างและเปรียบเทียบกับมาตรฐานสีที่กำหนด
- 3) การแสดงผล ผลลัพธ์จะแสดงในรูปแบบตัวเลขและสีบนหน้าจอ ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถวิเคราะห์และเปรียบเทียบสีได้อย่างแม่นยำ

วิธีการใช้งานเครื่องวัดสี EC2000 Lovibond

- 1) การเตรียมเครื่องมือและตัวอย่าง
 - 1.1) ตรวจสอบว่าเครื่อง EC2000 อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน โดยตรวจเช็คสถานะแหล่งพลังงานและความสะอาดของเครื่อง
 - 1.2) เตรียมตัวอย่างน้ำที่ต้องการวัดสีในภาชนะที่สะอาด และตรวจสอบให้แน่ใจว่าไม่มีสิ่งเจือปน
- 2) การสอบเทียบเครื่อง (Calibration)
 - 2.1) เปิดเครื่องและเข้าไปที่โหมดการสอบเทียบ (Calibration Mode)
 - 2.2) ใช้มาตรฐานสีที่มาพร้อมกับเครื่อง (เช่น มาตรฐาน Pt-Co หรือ Hazen/APHA) เพื่อทำการสอบเทียบ

2.3) ใส่สารมาตรฐานในเซลล์ตัวอย่าง (Sample Cell) และวางลงในช่องวัด จากนั้นทำตามคำแนะนำบนหน้าจอเพื่อสอบเทียบค่ามาตรฐาน

3) การเตรียมเซลล์ตัวอย่าง

3.1) ใส่ตัวอย่างในเซลล์ตัวอย่างจนถึงระดับที่กำหนด (Fill Line)

3.2) เช็ดด้านนอกเซลล์ตัวอย่างให้แห้งและปราศจากคราบหรือรอยนิ้วมือ เพื่อป้องกันแสงรบกวนขณะ

วัด

4) การวัดสี

4.1) เปิดฝาช่องวัดของเครื่อง และเติมน้ำกลั่นใส่เซลล์ตัวอย่าง

4.2) นำเซลล์วางลงในช่อง และปิดฝาเครื่องเพื่อป้องกันแสงภายนอกเข้าสู่ระบบวัด

4.3) กดปุ่ม Zero บนหน้าจอเครื่อง และรอจนค่าการวัดปรากฏบนหน้าจอ

4.4) นำเซลล์ออก และเติมตัวอย่างน้ำที่เตรียมไว้ใส่เซลล์ตัวอย่าง

4.5) นำเซลล์วางลงในช่อง และปิดฝาเครื่องเพื่อป้องกันแสงภายนอกเข้าสู่ระบบวัด

4.6) กดปุ่ม Read บนหน้าจอเครื่อง และรอจนค่าการวัดปรากฏบนหน้าจอ

5) การทำความสะอาดหลังใช้งาน

5.1) ทำความสะอาดเซลล์ตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นหรือตัวทำละลายที่แนะนำ

5.2) เก็บเครื่องในที่ที่แห้งและปราศจากฝุ่น เพื่อป้องกันความเสียหาย

ข้อควรระวัง

1) หลีกเลี่ยงการใช้เซลล์ตัวอย่างที่มีรอยขีดข่วนหรือมีฟองอากาศในตัวอย่าง เพราะจะส่งผลต่อความแม่นยำของการวัด

2) ปฏิบัติตามคู่มือการใช้งานอย่างเคร่งครัด เพื่อป้องกันความผิดพลาดในการวัด

2.2 เครื่องวัดความขุ่น (Turbidity Meter)

เครื่องวัดค่าความขุ่น HACH รุ่น 2100Q เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าความขุ่นของน้ำ โดยอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เรียกว่า Nephelometry ซึ่งเป็นการวัดแสงที่กระจายออกจากอนุภาคในน้ำเมื่อแสงถูกส่งผ่านน้ำ หลักการนี้มีความสำคัญในงานวิเคราะห์คุณภาพน้ำ เนื่องจากค่าความขุ่นสามารถบ่งบอกถึงปริมาณอนุภาคแขวนลอยในน้ำที่อาจมีผลต่อคุณภาพน้ำและการใช้งานในระบบต่าง ๆ



รูปที่ 17 เครื่องวัดค่าความขุ่น

หลักการทำงาน

- 1) แหล่งกำเนิดแสง เครื่อง HACH 2100Q ใช้หลอดไฟ Tungsten filament หรือ LED เป็นแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งแสงที่ปล่อยออกมาจะถูกส่งผ่านตัวอย่างน้ำในเซลล์วัด
- 2) การกระจายแสง เมื่อแสงผ่านตัวอย่างน้ำ อนุภาคในน้ำจะกระจายแสงออกไปในทิศทางต่าง ๆ
- 3) ตัวตรวจจับแสง ตัวตรวจจับแสงจะถูกตั้งอยู่ในมุม 90 องศา เพื่อวัดแสงที่กระจายออกมา ซึ่งค่าความขุ่นจะถูกคำนวณจากปริมาณแสงที่ตรวจจับได้
- 4) การแสดงผล ค่าความขุ่นจะถูกแสดงผลในหน่วย NTU (Nephelometric Turbidity Units) หรือ FNU (Formazin Nephelometric Units) ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ใช้ในงานวิเคราะห์น้ำ

วิธีการใช้งานเครื่อง HACH 2100Q

1) การเตรียมเครื่องมือ

- 1.1) ตรวจสอบว่าเครื่องวัดค่าความขุ่นอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน และแบตเตอรี่มีพลังงานเพียงพอ
- 1.2) ทำความสะอาดเซลล์ตัวอย่าง (Sample Cell) ด้วยน้ำกลั่นและเช็ดให้แห้งเพื่อป้องกันฟองอากาศหรือรอยเปื้อนที่อาจรบกวนค่าการวัด

2) การสอบเทียบ (Calibration)

- 2.1) เปิดเครื่อง HACH 2100Q และเข้าไปที่เมนู Calibration
- 2.2) ใช้มาตรฐานการสอบเทียบที่มาพร้อมกับเครื่อง (เช่น มาตรฐานฟอร์มมาซินที่มีค่าความขุ่นทราบแน่นอน เช่น 0 NTU, 20 NTU, 200 NTU)
- 2.3) ใส่เซลล์ตัวอย่างที่บรรจุมาตรฐานการสอบเทียบลงในช่องวัด แล้วกดปุ่มเริ่มการสอบเทียบ (Calibrate)

3) การเตรียมตัวอย่างน้ำ

- 3.1) เก็บตัวอย่างน้ำที่ต้องการวัดในภาชนะที่สะอาด
- 3.2) เติมตัวอย่างลงในเซลล์ตัวอย่างจนถึงเส้นที่กำหนด (Fill Line) แล้วปิดฝา
- 3.3) เช็ดด้านนอกของเซลล์ให้แห้งและปราศจากคราบหรือนิ้วมือ

4) การวัดค่าความขุ่น

- 4.1) เปิดฝาช่องใส่เซลล์ตัวอย่างบนเครื่อง HACH 2100Q
- 4.2) ใส่เซลล์ตัวอย่างที่เตรียมไว้ลงในช่องวัด
- 4.3) ปิดฝาเครื่องแล้วกดปุ่ม Read บนเครื่อง และรอจนค่าการวัดปรากฏบนหน้าจอ
- 4.4) รอการแสดงผลบนหน้าจอ ซึ่งค่าความขุ่นจะแสดงในหน่วย NTU

5) การทำความสะอาดหลังใช้งาน

- 5.1) ทำความสะอาดเซลล์ตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นหลังการใช้งาน
- 5.2) เก็บเครื่องและอุปกรณ์ในที่ที่แห้งและสะอาดเพื่อยืดอายุการใช้งาน

ข้อควรระวัง

- 1) หลีกเลี่ยงการใช้เซลล์ตัวอย่างที่มีรอยขีดข่วน เนื่องจากจะส่งผลต่อความแม่นยำของการวัด
- 2) ตรวจสอบให้แน่ใจว่าไม่มีฟองอากาศในเซลล์ตัวอย่างขณะวัดค่าความขุ่น

2.3 เครื่องวัดค่า pH

เครื่องวัด pH HACH รุ่น HQ40D ใช้หลักการทำงานที่อิงกับการวัดศักย์ไฟฟ้า (Electrochemical Measurement) โดยใช้ pH Electrode หรือ pH Sensor ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของการวัดค่า pH ในตัวอย่างน้ำหรือสารละลาย



รูปที่ 18 เครื่องวัดค่า pH

หลักการทำงาน

1) pH Electrode ประกอบด้วย Electrode Reference และ Glass Electrode ที่ไวต่อไฮโดรเจนไอออน (H^+) ในสารละลาย เมื่อจุ่ม Electrode ลงในตัวอย่างน้ำ จะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่สร้างแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ซึ่งสัมพันธ์กับความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนในสารละลาย

2) การวัดแรงดันไฟฟ้า เครื่อง HQ40D จะวัดแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นระหว่าง Electrode Reference และ Glass Electrode แรงดันไฟฟ้านี้จะถูกแปลงเป็นค่าพีเอช (pH) โดยใช้สมการของ Nernst (Nernst Equation)

3) การแสดงผล ค่าพีเอชที่คำนวณได้จะแสดงผลบนหน้าจอของเครื่องในรูปแบบตัวเลขที่อ่านง่าย

วิธีการใช้งานเครื่องวัด pH HACH รุ่น HQ40D

1) การเตรียมเครื่องมือ

- 1.1) เปิดเครื่อง HQ40D โดยกดปุ่ม Power และตรวจสอบสถานะของแบตเตอรี่
- 1.2) เชื่อมต่อ pH Probe หรือหัววัด pH เข้ากับเครื่องให้เรียบร้อย โดยตรวจสอบให้หัววัดอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน ไม่มีรอยเสียหาย
- 1.3) ทำความสะอาดหัววัด pH ด้วยน้ำกลั่นเพื่อขจัดสิ่งสกปรกหรือสารตกค้างก่อนใช้งาน
- 2) การสอบเทียบเครื่องวัด pH (Calibration)
 - 2.1) เตรียมสารละลายมาตรฐาน pH (เช่น pH 4, pH 7, และ pH 10) สำหรับการสอบเทียบ
 - 2.2) เลือกโหมด Calibration บนหน้าจอของเครื่อง HQ40D
 - 2.3) จุ่มหัววัด pH ลงในสารละลายมาตรฐานตามลำดับที่แนะนำ โดยเริ่มจาก pH 7 เพื่อกำหนดจุดศูนย์กลาง แล้วตามด้วย pH 4 และ pH 10
 - 2.4) รอจนเครื่องแสดงผลการสอบเทียบสำเร็จ และยืนยันว่าค่ามาตรฐานตรงตามที่กำหนด
- 3) การเตรียมตัวอย่างสำหรับการวัด
 - 3.1) เตรียมตัวอย่างน้ำหรือสารละลายในภาชนะที่สะอาด
 - 3.2) ตรวจสอบให้แน่ใจว่าตัวอย่างไม่มีสิ่งเจือปน เช่น ฟองอากาศ ที่อาจส่งผลกระทบต่อความแม่นยำ
- 4) การวัดค่า pH
 - 4.1) จุ่มหัววัด pH ลงในตัวอย่างน้ำหรือสารละลายโดยให้หัววัดแช่ในระดับที่เหมาะสม
 - 4.2) กดปุ่ม Read บนหน้าจอเครื่อง และรอจนค่าการวัดปรากฏบนหน้าจอ
 - 4.3) รอจนค่าการวัดที่เสถียรปรากฏบนหน้าจอ ซึ่งจะระบุค่า pH ในรูปแบบตัวเลข
- 5) การทำความสะอาดหลังการใช้งาน
 - 5.1) ล้างหัววัด pH ด้วยน้ำกลั่นเพื่อขจัดคราบหรือสารตกค้าง
 - 5.2) เช็ดหัววัดให้แห้งและเก็บในสารละลายเก็บรักษา (Storage Solution) ที่เหมาะสม เพื่อยืดอายุการใช้งาน
 - 5.3) เก็บเครื่องในที่แห้งและสะอาด

ข้อควรระวัง

- 1) หลีกเลี่ยงการทำความสะอาดหัววัดด้วยสารเคมีที่อาจสร้างความเสียหายต่อหัววัด
- 2) ตรวจสอบให้แน่ใจว่าหัววัด pH ถูกสอบเทียบอย่างถูกต้องก่อนการใช้งานทุกครั้ง
- 3) ระวังการปนเปื้อนของตัวอย่างและสารมาตรฐานในระหว่างการใช้งาน

2.4 เครื่องวัดค่าคลอรีน

เครื่องวัดค่าคลอรีน HACH รุ่น Pocket Colorimeter™ II Chlorine (Free and Total) ใช้หลักการวัดค่าคลอรีนในน้ำโดยอาศัยเทคนิค DPD (N,N-diethyl-p-phenylenediamine) ซึ่งเป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับจาก USEPA (United States Environmental Protection Agency) สำหรับการวิเคราะห์น้ำดื่มและน้ำเสีย



รูปที่ 19 เครื่องวัดค่าคลอรีน

หลักการทำงาน

- 1) การเตรียมตัวอย่าง ตัวอย่างน้ำจะถูกเติมด้วยสารเคมี DPD ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับคลอรีนอิสระ (Free Chlorine) หรือคลอรีนรวม (Total Chlorine) ในตัวอย่างน้ำ ปฏิกิริยานี้จะทำให้เกิดสีชมพูในตัวอย่างน้ำ โดยความเข้มของสีจะสัมพันธ์กับปริมาณคลอรีนในน้ำ
- 2) การวัดแสง เครื่อง Pocket Colorimeter™ II ใช้หลักการวัดแสงที่ส่งผ่านตัวอย่างน้ำที่มีสีชมพู ตัวตรวจจับแสงในเครื่องจะวัดปริมาณแสงที่ถูกดูดกลืน (Absorbance) โดยสารเคมี DPD
- 3) การคำนวณค่าคลอรีน ค่าการดูดกลืนแสงจะถูกแปลงเป็นค่าคลอรีนในหน่วย mg/L โดยใช้สมการมาตรฐานที่ตั้งค่าไว้ในเครื่อง

วิธีการใช้งานเครื่องวัดค่าคลอรีน HACH รุ่น Pocket Colorimeter™ II

1) การเตรียมเครื่องมือ

1.1) เปิดเครื่อง Pocket Colorimeter™ II โดยกดปุ่ม Power และตรวจสอบสถานะของแบตเตอรี่

1.2) ทำความสะอาดเซลล์ตัวอย่าง (Sample Cell) ด้วยน้ำกลั่น แล้วเช็ดให้แห้งเพื่อป้องกันสิ่งสกปรกหรือคราบที่อาจรบกวนผลการวัด

2) การเตรียมตัวอย่างน้ำ

2.1) เก็บตัวอย่างน้ำในภาชนะที่สะอาดและปราศจากการปนเปื้อน

2.2) เติมสารเคมี DPD Reagent ลงในตัวอย่างน้ำ ตามคำแนะนำที่ระบุในคู่มือการใช้งาน

2.3) เขย่าสารละลายให้เข้ากันอย่างเบามือ เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีระหว่าง DPD กับคลอรีนในตัวอย่าง

3) การสอบเทียบเครื่อง (Calibration)

3.1) หากต้องการสอบเทียบเครื่อง ให้ใช้น้ำกลั่นหรือสารละลายมาตรฐานที่มาพร้อมกับเครื่อง

3.2) ใส่สารมาตรฐานลงในเซลล์ตัวอย่าง และวางลงในช่องวัด

3.3) กดปุ่ม Calibration และทำตามขั้นตอนที่แสดงบนหน้าจอเพื่อปรับค่ามาตรฐาน

4) การวัดค่าคลอรีน

4.1) ใส่ตัวอย่างน้ำที่เตรียมไว้ลงในเซลล์ตัวอย่างจนถึงเส้น Fill Line ที่กำหนด

4.2) วางเซลล์ตัวอย่างลงในช่องวัด และปิดฝาเครื่องเพื่อป้องกันแสงภายนอก

4.3) กดปุ่ม Zero บนหน้าจอเครื่อง และรอจนค่าการวัดปรากฏบนหน้าจอ

4.4) เติมสารเคมี DPD Reagent ลงในตัวอย่างน้ำ เขย่าให้ละลายจนหมด

4.5) นำเซลล์วางลงในช่อง และปิดฝาเครื่องเพื่อป้องกันแสงภายนอกเข้าสู่ระบบวัด

4.6) กดปุ่ม Read บนหน้าจอเครื่อง และรอจนค่าการวัดปรากฏบนหน้าจอ

5) การทำความสะอาดหลังการใช้งาน

5.1) ล้างเซลล์ตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นเพื่อขจัดคราบสารเคมีที่ตกค้าง

5.2) เช็ดเซลล์ให้แห้งและเก็บในที่ที่สะอาดและปลอดภัย

ข้อควรระวัง

1) หลีกเลี่ยงการใช้เซลล์ตัวอย่างที่มีรอยขีดข่วนหรือคราบน้ำ เพราะจะส่งผลต่อความแม่นยำในการวัด

2) ตรวจสอบให้แน่ใจว่าสารเคมี DPD ถูกเติมในปริมาณที่เหมาะสมตามคำแนะนำ

การวิเคราะห์ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำประปา และมาตรฐานคุณภาพน้ำประปา

มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาเป็นแนวทางที่ได้รับการกำหนดขึ้นเพื่อประเมินและควบคุมคุณภาพของน้ำประปาในทุกกระบวนการ ตั้งแต่การผลิต การจ่ายน้ำ ไปจนถึงการอุปโภค เพื่อสร้างความมั่นใจว่าน้ำมีความปลอดภัย เหมาะสมต่อการใช้งานในชีวิตประจำวัน มาตรฐานเหล่านี้มีอ้างอิงถึงแนวทางขององค์การระดับโลก เช่น องค์การอนามัยโลก (WHO) ซึ่งได้กำหนดเกณฑ์สำหรับการประเมินดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำ เช่น ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความขุ่น สี และปริมาณสารเคมีตกค้าง รวมถึงแนวทางปฏิบัติในด้านสุขอนามัยและการปกป้องสิ่งแวดล้อม

มาตรฐานน้ำในประเทศไทยก็มีบทบาทสำคัญในการกำหนดข้อกำหนดเฉพาะที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้อุปโภคและสภาพแวดล้อมภายในประเทศ โดยมุ่งเน้นให้ระบบน้ำประปาทั้งในเขตเมืองและชนบทสามารถให้บริการน้ำคุณภาพดีอย่างทั่วถึง โดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีได้นำมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค มาใช้ในการควบคุมและประกันคุณภาพน้ำในระบบน้ำประปาภายในมหาวิทยาลัยฯ ซึ่งมาตรฐานนี้มีความสำคัญในการสร้างกรอบการทำงานที่ชัดเจนสำหรับการตรวจวัดและปรับปรุงคุณภาพน้ำในทุกขั้นตอน ตั้งแต่การตรวจสอบน้ำดิบจากแหล่งน้ำ ไปจนถึงน้ำที่ผ่านการบำบัดและจ่ายสู่ผู้ใช้งาน

ตารางที่ 1 มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค

รายการ	หน่วย	มาตรฐานคุณภาพน้ำประปา
1. คุณลักษณะทางกายภาพ		
สีปรากฏ (Apparent color)	Pt-Co Unit	ไม่เกิน 15
รสและกลิ่น (Taste and Odor)	-	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ
ความขุ่น (Turbidity)	NTU	ไม่เกิน 5.0
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	6.5 – 8.5
2. คุณลักษณะทางเคมี		
ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total dissolved solids)	mg/l	ไม่เกิน 1,000
เหล็ก (Iron)	mg/l	ไม่เกิน 0.3
แมงกานีส (Manganese)	mg/l	ไม่เกิน 0.1
ทองแดง (Copper)	mg/l	ไม่เกิน 2.0
สังกะสี (Zinc)	mg/l	ไม่เกิน 3.0
ความกระด้างทั้งหมด (Total hardness as CaCO ₃)	mg/l	ไม่เกิน 300
ซัลเฟต (Sulfate)	mg/l	ไม่เกิน 250
คลอไรด์ (Chloride)	mg/l	ไม่เกิน 250
ฟลูออไรด์ (Fluoride)	mg/l	ไม่เกิน 1.5
ไนเตรทในรูปไนเตรท (Nitrate as NO ₃)	mg/l	ไม่เกิน 50
ไนไตรท์ในรูปไนไตรท์ (Nitrite as NO ₂)	mg/l	ไม่เกิน 3.0
3. คุณลักษณะทางจุลชีววิทยา		

ตารางที่ 1 มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค (ต่อ)

รายการ	หน่วย	มาตรฐานคุณภาพน้ำประปา
โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด (Total coliform bacteria)	ใน 100 มิลลิลิตร	ไม่พบ
เอสเชอริเชีย โคลิ (<i>Escherichia coli</i>)	ใน 100 มิลลิลิตร	ไม่พบ
สแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส (<i>Staphylococcus aureus</i>)	ใน 100 มิลลิลิตร	ไม่พบ
ซาลโมเนลลา (<i>Salmonella spp.</i>)	ใน 100 มิลลิลิตร	ไม่พบ
คลอสทริเดียม เพอร์ฟริงเจนส (<i>Clostridium perfringens</i>)	ใน 100 มิลลิลิตร	ไม่พบ
4. สารปนเปื้อน		
ปรอท (Mercury)	µg/L	ไม่เกิน 1.0
ตะกั่ว (Lead)	µg/L	ไม่เกิน 10.0
สารหนู (Arsenic)	µg/L	ไม่เกิน 10.0
ซีลีเนียม (Selenium)	µg/L	ไม่เกิน 10.0
โครเมียม (Total chromium)	µg/L	ไม่เกิน 50.0
แคดเมียม (Cadmium)	µg/L	ไม่เกิน 3.0
แบเรียม (Barium)	µg/L	ไม่เกิน 700
ไซยาไนด์ (Cyanide)	µg/L	ไม่เกิน 70
5. สารเคมีที่ใช้องกันและกำจัดศัตรูพืช		
อัลดรินและดีลดริน (Aldrin and dieldrin)	µg/L	ไม่เกิน 0.03
คลอโรเดน (Chlordane)	µg/L	ไม่เกิน 0.2
ดีดีที (DDT)	µg/L	ไม่เกิน 1.0
เฮปตาคลอร์และเฮปตาคลอร์อีพอกไซด์ (Heptachlor and heptachlor epoxide)	µg/L	ไม่เกิน 0.03
เฮกซะคลอโรเบนซีน (Hexachlorobenzene)	µg/L	ไม่เกิน 1.0
ลินเดน (Lindane)	µg/L	ไม่เกิน 2.0
เมทอกซิลคลอร์ (Methoxychlor)	µg/L	ไม่เกิน 20.0
6. ไตรฮาโลมีเทน		
คลอโรฟอร์ม (Chloroform)	µg/L	ไม่เกิน 300
โบรมไคคลอโรมีเทน (Bromodichloromethane)	µg/L	ไม่เกิน 60
ไดโบรมไคคลอโรมีเทน (Dibromochloromethane)	µg/L	ไม่เกิน 100
โบรมิฟอร์ม (Bromoform)	µg/L	ไม่เกิน 100
ผลรวมอัตราส่วนไตรฮาโลมีเทน (Sum of ratio)	-	ไม่เกิน 1.0

ตารางที่ 1 มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค (ต่อ)

รายการ	หน่วย	*มาตรฐานคุณภาพน้ำประปา
7. สารกัมมันตภาพรังสี		
ความเข้มรังสีแอลฟา (Gross alpha activity)	เบคเคอเรลต่อลิตร(Bq/L)	ไม่เกิน 0.5
ความเข้มรังสีบีตา (Gross beta activity)	เบคเคอเรลต่อลิตร(Bq/L)	ไม่เกิน 1.0

หมายเหตุ : คลอรีนอิสระคงเหลือในระบบจ่ายน้ำประปาไม่น้อยกว่า 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/L)

* มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค (ปรับปรุงมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค, 2565)

รายการอ้างอิง

- การประปาส่วนภูมิภาค. (2561). *มาตรฐานการปฏิบัติงานการผลิตน้ำประปาและควบคุมคุณภาพน้ำ*. เข้าถึงได้จาก <https://www.pwa.co.th/contents/service/performance-standards> [เข้าถึงเมื่อ 14 มกราคม 2568].
- การประปาส่วนภูมิภาค. (2565). *ปรับปรุงมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค*. คำสั่งการประปาส่วนภูมิภาคที่ 197.02/2565. ลงวันที่ 9 มีนาคม 2565.
- งานระบบประปา. (2565). *บริการน้ำประปา-การผลิตน้ำประปา (ระเบียบปฏิบัติ QP-WA-01 แก้ไขครั้งที่ 01)*. ส่วนอาคารสถานที่, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 15 มิถุนายน 2565.
- งานระบบประปา. (2565). *การตรวจสอบคุณภาพสารเคมี (วิธีการปฏิบัติ WI-WA-01-2 แก้ไขครั้งที่ 01)*. ส่วนอาคารสถานที่, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 1 ธันวาคม 2565.
- งานระบบประปา. (2567). *การควบคุมปริมาณการใช้สารเคมีในระบบผลิตน้ำประปา (การปฏิบัติงานที่เป็นมาตรฐาน SOP แก้ไขครั้งที่ 01)*. ส่วนอาคารสถานที่, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- HACH. (2020). *HQ40D Portable Multi-Parameter Meter User Manual* (Version 7, pp. 1–370). Published Document: DOC022.53.80017.
- HACH. (2021a). *2100Q Portable Turbidimeter User Manual* (Version 5, pp. 1–96). Published Document: DOC022.53.80041.
- HACH. (2021b). *Pocket Colorimeter™ II Chlorine (Free and Total) User Manual* (Version 4, pp. 1–45). Published Document: DOC022.53.80000.
- World Health Organization. (2021). *Guidelines for Drinking-water Quality*. Geneva: WHO.

องค์ความรู้ด้านเทคนิคการใช้เครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำเบื้องต้น
เพื่อควบคุมคุณภาพน้ำในกระบวนการผลิต

งานระบบประปา

ส่วนอาคารสถานที่