บทที่ 4
ผลการวิจัย

1. ผลการวิจัยโครงการวิจัยที่ 1 ผลการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียโดยใช้หินพัมมิซ

ผลการวิจัยการบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียโดยใช้หินพัมมิซโดยการสร้างระบบ Fixed bed reactor โดยออกแบบให้ถังบรรจุตัว reactor มีขนาดความจุ 80 ลิตร เชื่อมต่อกับถังบรรจุน้ำเสียปริมาตรความจุ 1,000 ลิตร และติดตั้งปั๊มน้ำให้น้ำไหลเวียนผ่านในระบบ 800 ลิตร/ชั่วโมง โดยปล่อยให้น้ำไหลผ่านจากล่างขึ้นบนผ่านวัสดุกรอง ได้แก่ หินพัมมิซ ปะการัง และเปลือกไข่ ผลการวิจัยดังนี้

1.1 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิ

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการตรวจวัดอุณหภูมิต่อเนื่องเป็นเวลา 30 วัน ผลการตรวจวัดดัง 4.1 จากผลการตรวจวัดพบว่าค่าของอุณหภูมิของระบบบำบัดทั้ง 5 ตัวอย่างมีค่าที่ใกล้เคียงกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

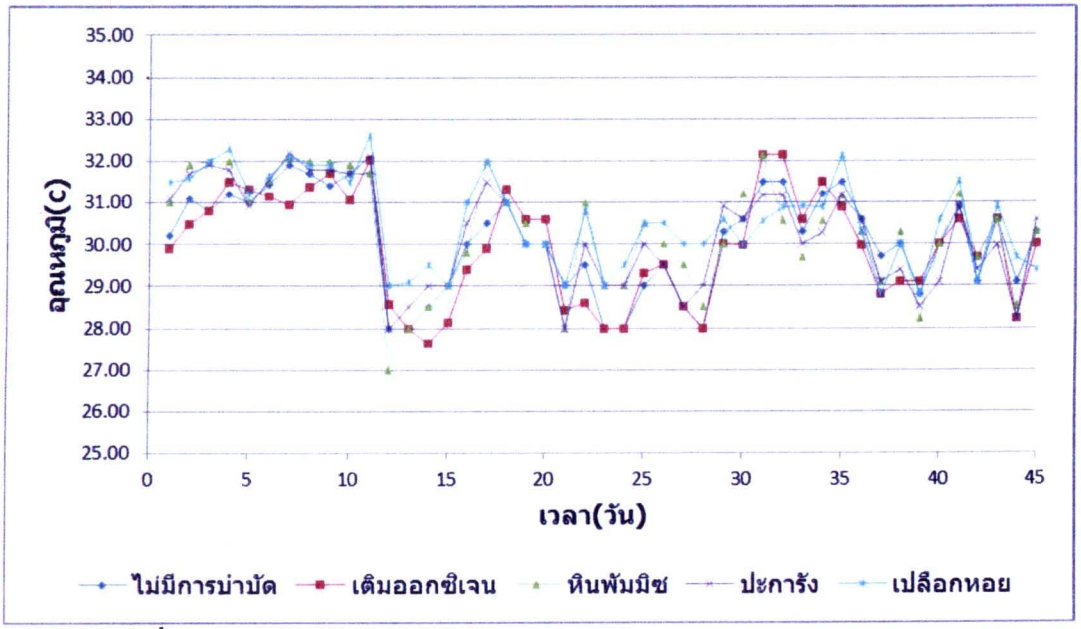
ตารางที่ 1.4 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิ

วันที่	ไม่มีการบำบัด	เติมออกซิเจน	หินพัมมิซ	ปะการัง	เปลือกหอย
1	30.20	29.90	31.00	31.10	31.50
2	31.10	30.48	31.90	31.70	31.60
3	30.80	30.80	32.00	31.90	32.00
4	31.20	31.51	32.00	31.80	32.30
5	31.00	31.31	31.00	30.90	31.20
6	31.45	31.14	31.55	31.55	31.65
7	31.90	30.94	32.10	32.20	32.10
8	31.70	31.38	32.00	31.80	31.90
9	31.40	31.71	32.00	31.80	31.90
10	31.70	31.07	31.90	31.70	31.50
11	31.70	32.02	31.70	32.10	32.60
12	28.00	28.56	27.00	28.00	29.00
13	28.00	28.00	28.00	28.50	29.10
14	28.50	27.65	28.50	29.00	29.50

วันที่	ไม่มีการบำบัด	เติมออกซิเจน	หินพัมมิซ	ปะการัง	เปลือกหอย
15	29.00	28.13	29.00	29.00	29.00
16	30.00	29.40	29.80	30.50	31.00
17	30.50	29.89	32.00	31.50	32.00
18	31.00	31.31	31.00	31.00	31.00
19	30.00	30.60	30.50	30.00	30.00
20	30.00	30.60	30.00	30.00	30.00
21	29.00	28.42	28.00	28.00	29.00
22	29.50	28.62	31.00	30.00	30.80
23	28.00	28.00	29.00	29.00	29.00
24	28.00	28.00	29.00	29.00	29.50
25	29.00	29.29	30.50	30.00	30.50
26	29.50	29.50	30.00	29.50	30.50
27	28.50	28.50	29.50	28.50	30.00
28	28.00	28.00	28.50	29.00	30.00
29	30.30	30.00	30.00	30.91	30.60
30	30.60	29.99	31.21	30.60	29.99
31	31.50	32.13	32.13	31.19	30.56
32	31.50	32.13	30.56	31.19	30.87
33	30.30	30.60	29.69	30.00	30.91
34	31.20	31.51	30.58	30.26	30.89
35	31.50	30.87	31.19	31.19	32.13
36	30.60	29.99	30.29	30.60	30.29
37	29.70	28.81	29.11	29.11	28.81
38	30.00	29.10	30.30	29.40	30.00
39	28.80	29.09	28.22	28.51	28.80
40	30.00	30.00	30.00	29.10	30.60
41	30.90	30.59	31.21	30.90	31.52
42	29.10	29.68	29.68	29.39	29.10
43	30.60	30.60	30.60	29.99	30.91
44	29.10	28.23	28.52	28.23	29.68
45	30.30	30.00	30.30	30.60	29.39

ตารางที่ 1.5 ค่าต่ำสุด สูงสุด และค่าเฉลี่ยของผลการตรวจวัดค่าอุณหภูมิ

	ไม่มีการบำบัด	เติมออกซิเจน	หินพัมมิซ	ปะการัง	เปลือกหอย
ค่าต่ำสุด	28.00	27.65	27.00	28.00	28.80
ค่าสูงสุด	31.90	32.13	32.13	32.20	32.60
ค่าเฉลี่ย	30.10	29.96	30.31	30.23	30.56



ภาพที่ 1.9 กราฟแสดงผลการตรวจวัดอุณหภูมิ

1.2 ผลการตรวจวัดค่า pH

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการตรวจวัดค่า pH ต่อเนื่องเป็นเวลา 45 วัน ผลการตรวจวัดดังภาพที่ 1.10 จากผลการตรวจวัดพบว่าระบบที่ไม่มีการบำบัดใดๆ ให้ค่า pH เฉลี่ยที่ต่ำที่สุด คือ 4.93 รองลงมาคือ ระบบบำบัดที่เติมออกซิเจน 4.95 ระบบบำบัดที่ใช้หินพัมมิซ 6.75 ระบบบำบัดที่ใช้ปะการัง 7.26 และระบบบำบัดที่ใช้เปลือกหอยให้ค่า pH เฉลี่ยสูงสุดคือ 7.28

ตารางที่ 1.6 ผลการตรวจวัดค่า pH

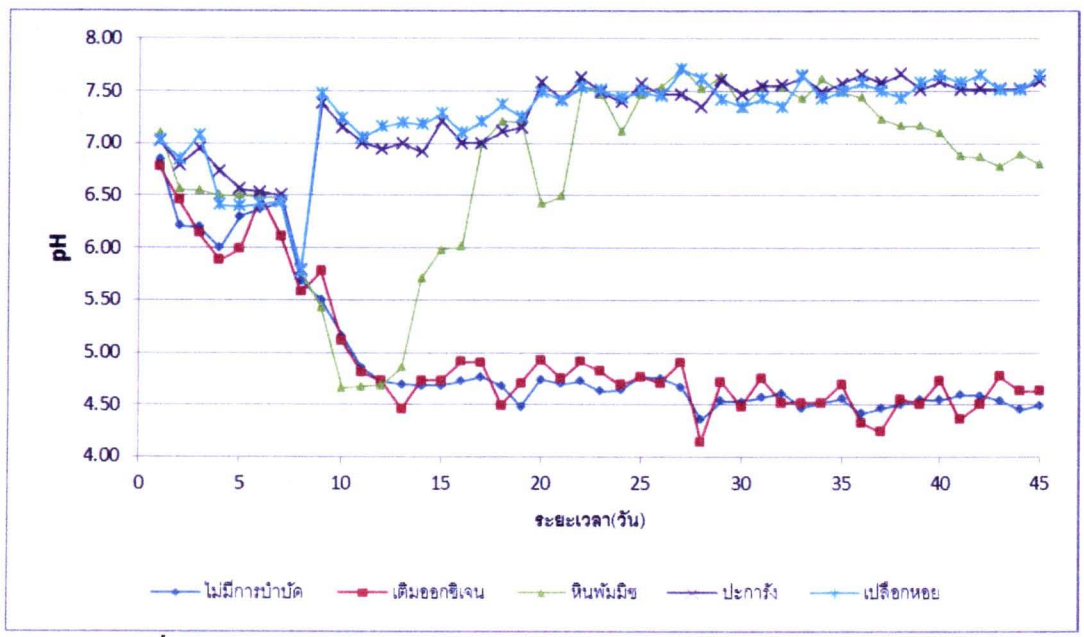
วันที่	ไม่มีการบำบัด	เติมออกซิเจน	หินพัมมิซ	ปะการัง	เปลือกหอย
1	6.84	6.77	7.10	7.02	7.03
2	6.21	6.46	6.56	6.79	6.85
3	6.20	6.14	6.55	6.95	7.08

วันที่	ไม่มีการบำบัด	เติมออกซิเจน	หินพัมมิซ	ปะการัง	เปลือกหอย
4	6.00	5.88	6.50	6.73	6.41
5	6.30	5.99	6.50	6.56	6.40
6	6.37	6.49	6.49	6.53	6.42
7	6.43	6.11	6.48	6.50	6.44
8	5.69	5.58	5.78	5.79	5.78
9	5.50	5.78	5.43	7.38	7.48
10	5.16	5.11	4.66	7.15	7.24
11	4.85	4.80	4.67	7.00	7.06
12	4.72	4.72	4.68	6.94	7.16
13	4.69	4.46	4.85	7.00	7.20
14	4.68	4.73	5.71	6.91	7.18
15	4.68	4.73	5.98	7.21	7.29
16	4.72	4.91	6.01	7.00	7.10
17	4.76	4.90	7.00	7.00	7.21
18	4.68	4.49	7.21	7.11	7.37
19	4.48	4.70	7.20	7.15	7.25
20	4.74	4.93	6.42	7.58	7.49
21	4.70	4.75	6.49	7.42	7.41
22	4.72	4.91	7.54	7.63	7.54
23	4.63	4.82	7.47	7.49	7.51
24	4.64	4.69	7.11	7.39	7.44
25	4.76	4.76	7.47	7.57	7.50
26	4.75	4.70	7.54	7.47	7.45
27	4.67	4.90	7.72	7.47	7.71
28	4.36	4.14	7.52	7.35	7.62
29	4.54	4.72	7.64	7.61	7.42
30	4.53	4.48	7.34	7.47	7.35
31	4.57	4.75	7.55	7.55	7.43
32	4.61	4.52	7.53	7.56	7.35
33	4.47	4.52	7.43	7.64	7.65
34	4.51	4.51	7.61	7.49	7.43
35	4.56	4.69	7.49	7.58	7.51
36	4.42	4.33	7.44	7.66	7.58

วันที่	ไม่มีการบำบัด	เติมออกซิเจน	หินพัมมิซ	ปะการัง	เปลือกหอย
37	4.46	4.24	7.23	7.58	7.51
38	4.51	4.55	7.17	7.66	7.43
39	4.55	4.50	7.17	7.51	7.58
40	4.55	4.73	7.10	7.59	7.66
41	4.59	4.36	6.88	7.52	7.58
42	4.59	4.50	6.87	7.52	7.66
43	4.54	4.77	6.78	7.52	7.51
44	4.45	4.63	6.89	7.52	7.51
45	4.50	4.63	6.80	7.60	7.66

ตารางที่ 1.7 ค่าต่ำสุด สูงสุด และค่าเฉลี่ยของผลการตรวจวัดค่า pH

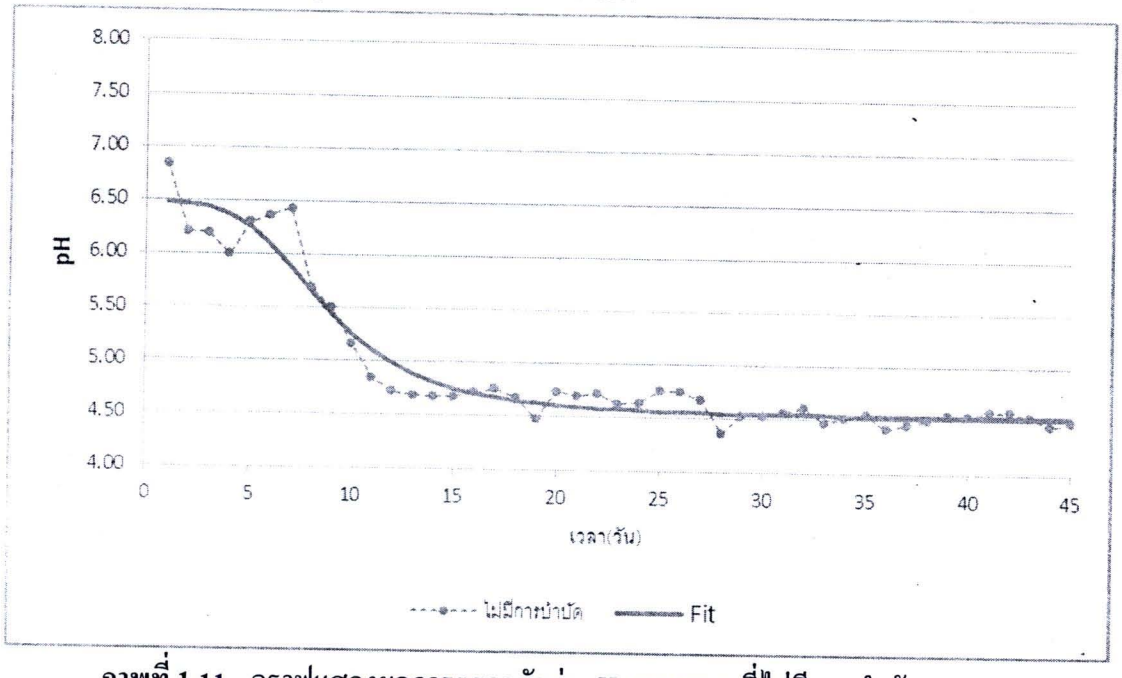
	ไม่มีการบำบัด	เติมออกซิเจน	หินพัมมิซ	ปะการัง	เปลือกหอย
ค่าต่ำสุด	4.36	4.14	4.66	5.79	5.78
ค่าสูงสุด	6.84	6.77	7.72	7.66	7.71
ค่าเฉลี่ย	4.93	4.95	6.75	7.26	7.28



ภาพที่ 1.10 กราฟแสดงผลการตรวจวัดค่า pH

จากผลการตรวจวัดค่า pH เป็นเวลา 45 วัน เมื่อนำข้อมูลที่ตรวจวัดได้สร้างกราฟเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH กับระยะเวลา ผลที่ได้ดังภาพด้านบน จากผลการวิเคราะห์พบว่า แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงของค่า pH กับระยะเวลาไม่ไปเป็นไปในเชิงเส้นตรง ผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลผลการตรวจวัดค่า pH ของแต่ละระบบบำบัดมาหาความสัมพันธ์โดยใช้สมการประเภทต่างทดลองหาเส้นแนวโน้มที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นตัวกำหนดว่าสมการใดมีความเหมาะสมในการสร้างเส้นแนวโน้มเพื่อทำนายที่สุด ผลการวิเคราะห์ที่ได้มีดังนี้

1.2.1 ค่า pH ในระบบที่ไม่มีการบำบัด



ภาพที่ 1.11 กราฟแสดงผลการตรวจวัดค่า pH ของระบบที่ไม่มีการบำบัด

จากการวิเคราะห์โดยใช้รูปแบบเชิงเส้น และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่าสมการที่เหมาะสมที่สุดคือ MMF Model ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.9673348 เส้นแนวโน้มของสมการดังกล่าวแสดงดังภาพที่ 1.11 รายดังละเอียดของสมการมีดังนี้

$$y = \frac{ab + cx^d}{b + x^d}$$

x = ระยะเวลา (วัน)

y = ค่า pH

a = 4.52853737296

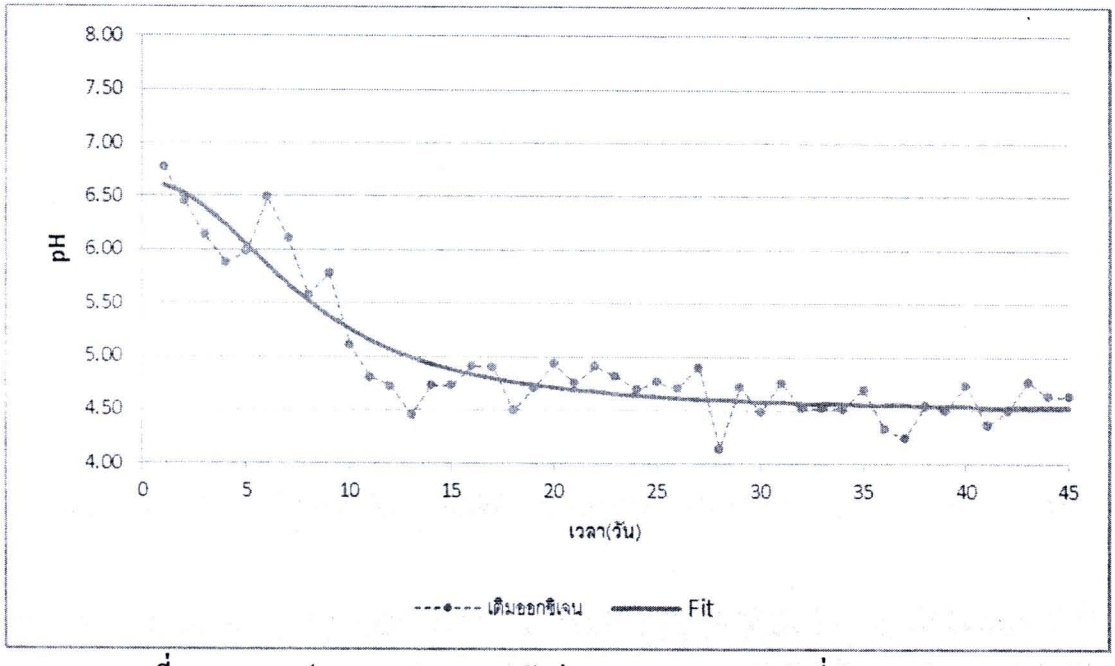
b = 0.000314136107162

c = 6.47769397982

d =-3.72751147781

จากสมการแนวโน้มที่สร้างขึ้นพบว่าหลังจากเริ่มต้นการทดลอง ค่า pH ระบบบำบัดที่ไม่มีการบำบัด จะลดลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งเข้าวันที่ 15 ค่า pH จะคงตัวแต่ยังมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง

1.2.2 ค่า pH ในระบบที่เติมออกซิเจน



ภาพที่ 1.12 กราฟแสดงผลการตรวจวัดค่า pH ของระบบบำบัดที่เติมออกซิเจน

จากการวิเคราะห์โดยใช้รูปแบบเชิงเส้น และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่าสมการที่เหมาะสมที่สุดคือ MMF Model ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.9289254 เส้นแนวโน้มของสมการดังกล่าวแสดงดังภาพที่ 1.12 รายดังละเอียดของสมการมีดังนี้

$$y = \frac{ab + cx^d}{b + x^d}$$

x = ระยะเวลา (วัน)

y = ค่า pH

a = 4.48722442461

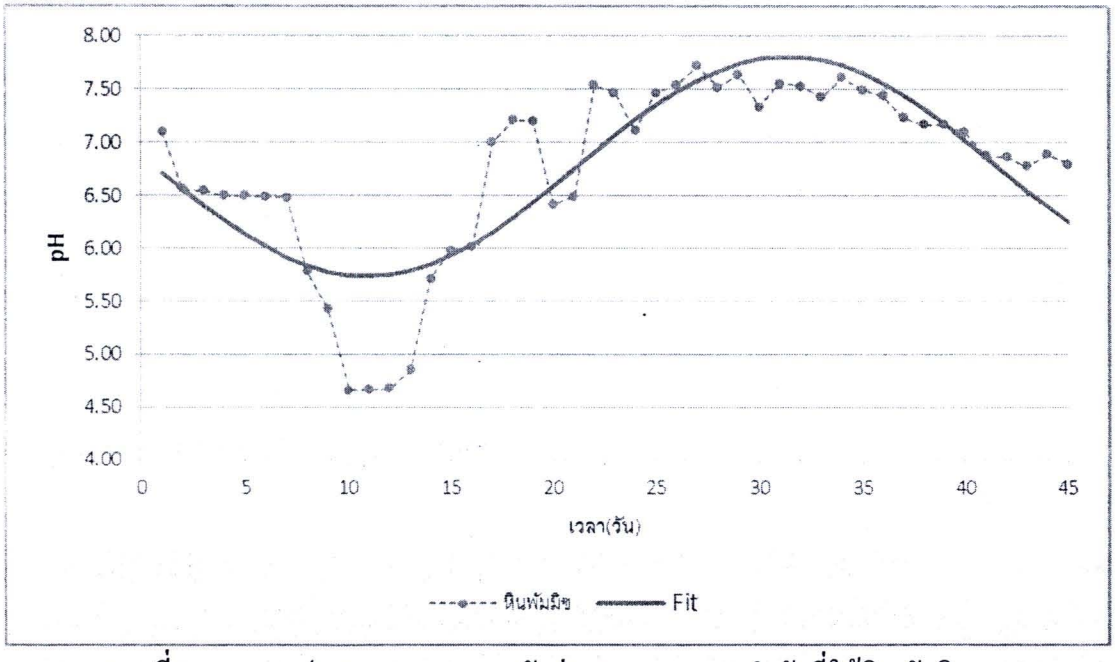
b = 0.00978395451309

c = 6.62922808424

d = -2.26395881895

จากสมการแนวโน้มที่สร้างขึ้นพบว่าหลังจากเริ่มต้นการทดลอง ค่า pH ระบบบำบัดที่เติมออกซิเจนจะลดลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งเข้าวันที่ 15 ค่า pH จะคงตัวแต่ยังมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง ลักษณะของข้อมูลต่างๆ มีความคล้ายคลึงกับระบบที่ไม่มีการบำบัดใดๆ อย่างมีนัยสำคัญ

1.2.3 ค่า pH ในระบบที่ใช้หินพัมมิซบำบัด



ภาพที่ 1.13 กราฟแสดงผลการตรวจวัดค่า pH ของระบบบำบัดที่ใช้หินพัมมิซ

จากการวิเคราะห์โดยใช้รูปแบบเชิงเส้น และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่าสมการที่เหมาะสมที่สุดคือ Sinusoidal Model ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์

สหสัมพันธ์ 0.8388743 เส้นแนวโน้มของสมการดังกล่าวแสดงดังภาพที่ 1.13 รายดังละเอียดของสมการมีดังนี้

$$y = a + bcos(cx + d)$$

x = ระยะเวลา (วัน)

y = ค่า pH

a = 6.77190056711

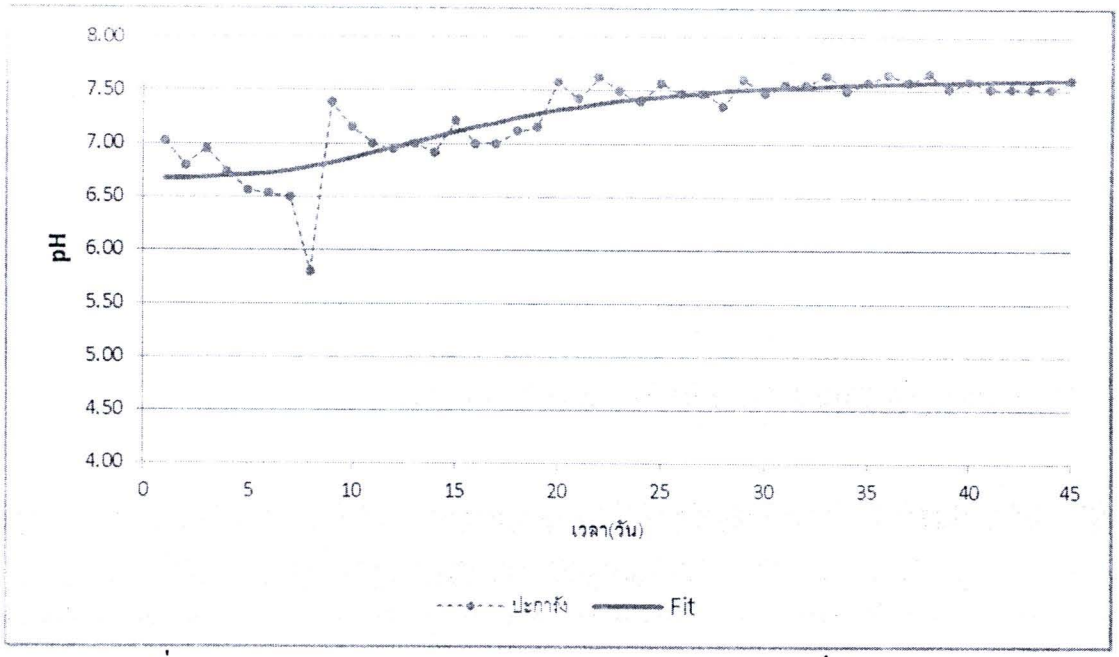
b = 1.03784038957

c = 0.153517871652

d = -4.81534389658

จากสมการแนวโน้มที่สร้างขึ้นพบว่าหลังจากเริ่มต้นการทดลอง ค่า pH ระบบบำบัดที่ที่ใช้หินพัมมิซ จะลดลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งเข้าวันที่ 10 ค่า pH จึงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องอีกครั้งจนกระทั่งเข้าวันที่ 30 ค่า pH จึงกลับมาลดลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง

1.2.4 ค่า pH ในระบบที่ใช้ปะการังบำบัด



ภาพที่ 1.14 กราฟแสดงผลการตรวจวัดค่า pH ของระบบบำบัดที่ใช้ปะการัง

จากการวิเคราะห์โดยใช้รูปแบบเชิงเส้น และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่าสมการที่เหมาะสมที่สุดคือ MMF Model ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.8118863 เส้นแนวโน้มของสมการดังกล่าวแสดงภาพที่ 1.14 รายดังละเอียดของสมการมีดังนี้

$$y = \frac{ab + cx^d}{b + x^d}$$

x = ระยะเวลา (วัน)

y = ค่า pH

a = 6.67561334334

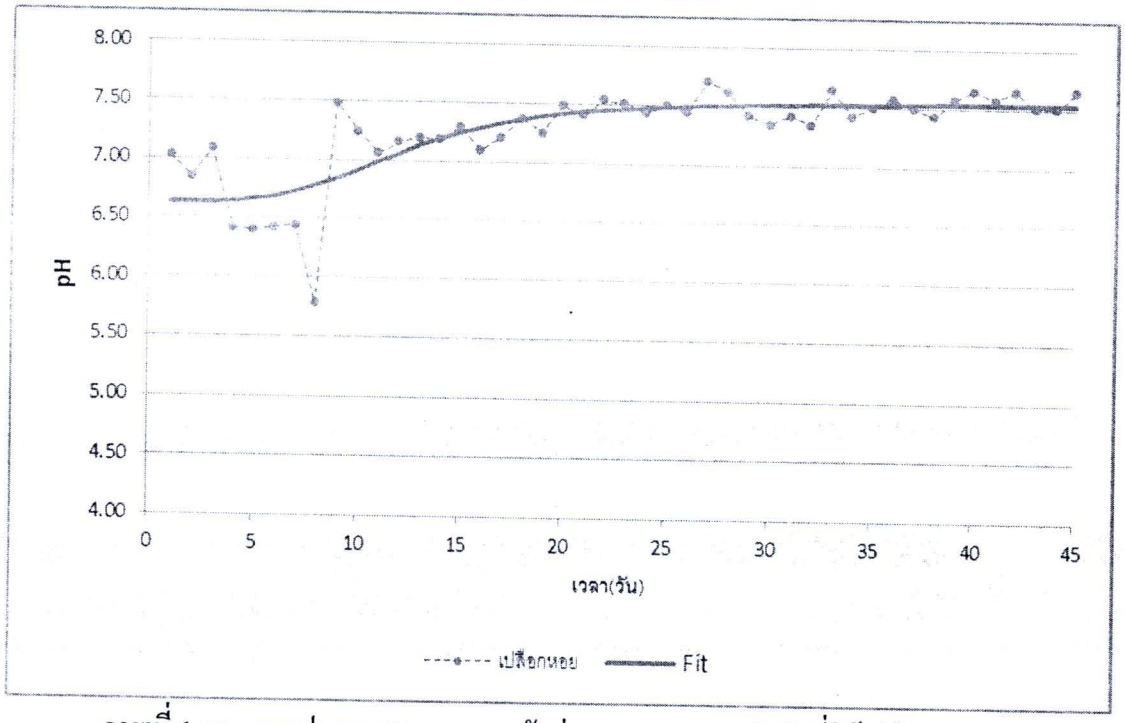
b = 4318.39594714

c = 7.64989229602

d = 3.00947732752

จากสมการแนวโน้มที่สร้างขึ้นพบว่าหลังจากเริ่มต้นการทดลอง ค่า pH ระบบบำบัดที่ใช้ปะการังจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งเข้าวันที่ 25 ค่า pH จะคงตัวแต่ยังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง ลักษณะของข้อมูลต่างๆ มีความคล้ายคลึงกับระบบที่ใช้เปลือกหอยในการบำบัด อย่างมีนัยสำคัญ

1.2.5 ค่า pH ในระบบที่ใช้เปลือกหอยบำบัด



ภาพที่ 1.15 กราฟแสดงผลการตรวจวัดค่า pH ของระบบบำบัดที่ใช้เปลือกหอย

จากการวิเคราะห์โดยใช้รูปแบบเชิงเส้น และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่าสมการที่เหมาะสมที่สุดคือ MMF Model ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.8118863 เส้นแนวโน้มของสมการดังกล่าวแสดงดังภาพที่ 1.15 รายดังละเอียดของสมการมีดังนี้

$$y = \frac{ab + cx^d}{b + x^d}$$

x = ระยะเวลา (วัน)

y = ค่า pH

a = 6.63047842848

b = 11559.6522041

c = 7.55107510398

d = 3.71281541105

จากสมการแนวโน้มที่สร้างขึ้นพบว่าหลังจากเริ่มต้นการทดลอง ค่า pH ระบบบำบัดที่ใช้เปลือกหอยในการบำบัดจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งเข้าวันที่ 25 ค่า pH จะคงตัวแต่ยังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง ลักษณะของข้อมูลต่างๆ มีความคล้ายคลึงกับระบบที่ใช้ปะการังในการบำบัด อย่างมีนัยสำคัญ

1.2.6 การวิเคราะห์ข้อมูลผลการตรวจวัดค่า pH

ตารางที่ 1.8 การวิเคราะห์ข้อมูลผลการตรวจวัดค่า pH

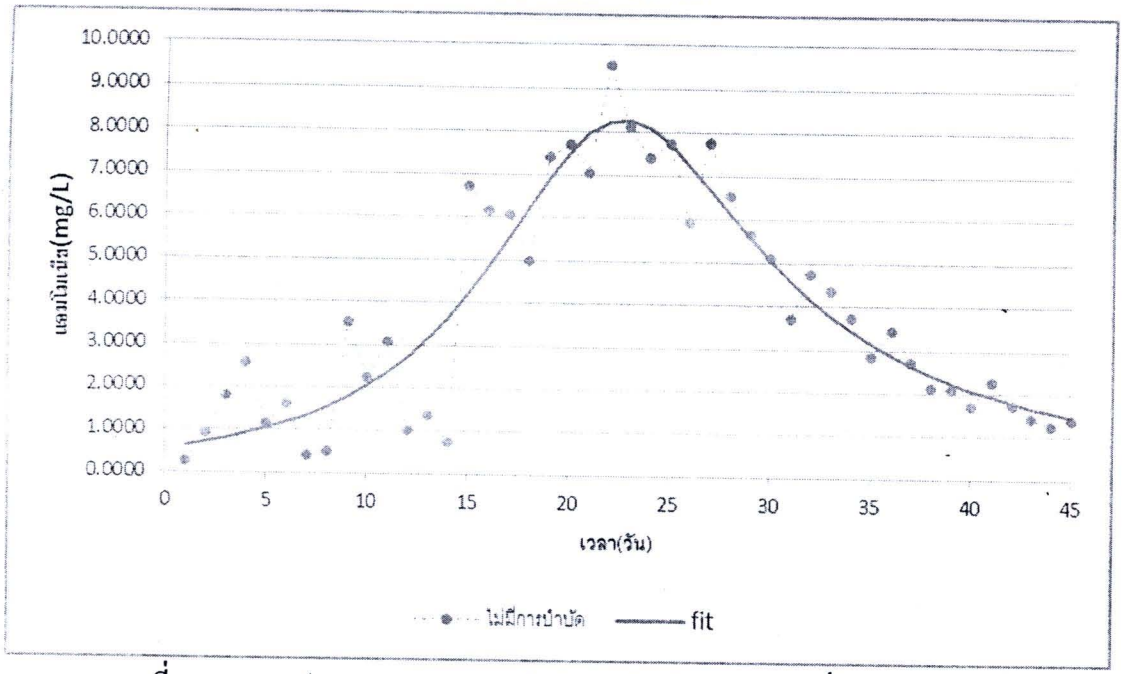
การบำบัด	สมการแนวโน้ม	รายละเอียด	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ
ไม่มีการบำบัด	$y = \frac{ab + cx^d}{b + x^d}$	x = ระยะเวลา (วัน) y = ค่า pH a = 4.52853737296 b = 0.000314136107162 c = 6.47769397982 d =-3.72751147781	0.9673348
เติมออกซิเจน	$y = \frac{ab + cx^d}{b + x^d}$	x = ระยะเวลา (วัน) y = ค่า pH a = 4.48722442461	0.9289254

การบำบัด	สมการแนวโน้ม	รายละเอียด	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ
		b = 0.00978395451309 c = 6.62922808424 d = -2.26395881895	
หินพัมมิซ	$y = a + bcos(cx + d)$	x = ระยะเวลา (วัน) y = ค่า pH a = 6.77190056711 b = 1.03784038957 c = 0.153517871652 d = -4.81534389658	0.8388743
ปะการัง	$y = \frac{ab + cx^d}{b + x^d}$	x = ระยะเวลา (วัน) y = ค่า pH a = 6.67561334334 b = 4318.39594714 c = 7.64989229602 d = 3.00947732752	0.8118863
เปลือกหอย	$y = \frac{ab + cx^d}{b + x^d}$	x = ระยะเวลา (วัน) y = ค่า pH a = 6.63047842848 b = 11559.6522041 c = 7.55107510398 d = 3.71281541105	0.8118863

วันที่	ไม่มีการบำบัด	เติมออกซิเจน	หินพัมมิซ	ปะการัง	เปลือกหอย
6	1.6114	1.2730	1.4921	2.3537	2.8815
7	0.4232	0.4867	2.0403	3.7487	1.9782
8	0.5142	0.6427	2.0643	4.0605	2.3329
9	3.5374	3.8204	2.1030	2.0435	1.5070
10	2.2246	2.0244	2.2090	2.9788	2.5367
11	3.0623	3.7053	3.5560	4.7984	4.6696
12	1.0142	1.0547	2.5333	3.8894	7.7406
13	1.3776	1.1158	2.6371	2.9281	3.6469
14	0.7479	0.6955	3.4655	2.4219	5.8375
15	6.7236	8.6062	1.4149	2.6453	2.7177
16	6.1441	5.1611	3.7260	6.2828	3.4191
17	6.0516	4.5992	4.0156	2.7673	2.9140
18	5.0014	4.8014	1.3938	4.0041	2.1580
19	7.4108	5.5581	1.5108	3.0588	2.6724
20	7.7142	7.9456	1.7270	3.5669	2.7652
21	7.0548	6.8432	1.7881	3.7127	2.2513
22	9.5205	7.5212	1.3728	5.0206	1.3954
23	8.1338	7.8898	1.0526	6.0493	1.3131
24	7.4223	6.6801	0.9440	3.6500	1.6602
25	7.7419	8.2838	0.5840	2.6580	1.4861
26	5.9153	4.5548	0.5247	2.2604	1.3256
27	7.7770	6.1438	0.4800	2.7700	1.3600
28	6.5500	6.8120	0.4100	3.4400	1.2400
29	5.6600	4.4148	0.3500	2.5400	1.3500
30	5.1200	5.2224	0.2200	2.6600	1.4500
31	3.6972	4.6215	0.7209	3.6450	0.3949
32	4.7562	3.4720	0.3042	2.2478	0.7382
33	4.3543	5.2251	0.1351	2.3996	0.6474
34	3.7224	2.6801	0.5003	2.7945	0.6512
35	2.8353	2.7219	0.4270	3.0983	0.3797
36	3.4216	2.3951	0.3048	3.8273	0.7746
37	2.7224	2.8041	0.2566	2.5819	0.6935
38	2.1216	2.5459	0.2353	2.6730	0.5513

เส้นตรง ผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลผลการตรวจวัดค่าแอมโมเนียของแต่ละระบบบำบัดมาหาความสัมพันธ์โดยใช้สมการประเภทต่างทดลองหาเส้นแนวโน้มที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นตัวกำหนดว่าสมการใดมีความเหมาะสมในการสร้างเส้นแนวโน้มเพื่อทำนายที่สุด ผลการวิเคราะห์ที่ได้มีดังนี้

1.3.1 ค่าแอมโมเนียในระบบที่ไม่มีการบำบัด



ภาพที่ 1.18 กราฟแสดงผลการตรวจวัดค่าแอมโมเนียของระบบที่ไม่มีการบำบัด (mg/L)

จากการวิเคราะห์โดยใช้รูปแบบเชิงเส้น และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่าสมการที่เหมาะสมที่สุดคือ Rational Function ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.9250669 เส้นแนวโน้มของสมการดังกล่าวแสดงดังภาพที่ 1.18 รายดังละเอียดของสมการมีดังนี้

$$y = \frac{a + bx}{1 + cx + dx^2}$$

x = ระยะเวลา (วัน)

y = ค่าแอมโมเนีย

a = 0.555151774763

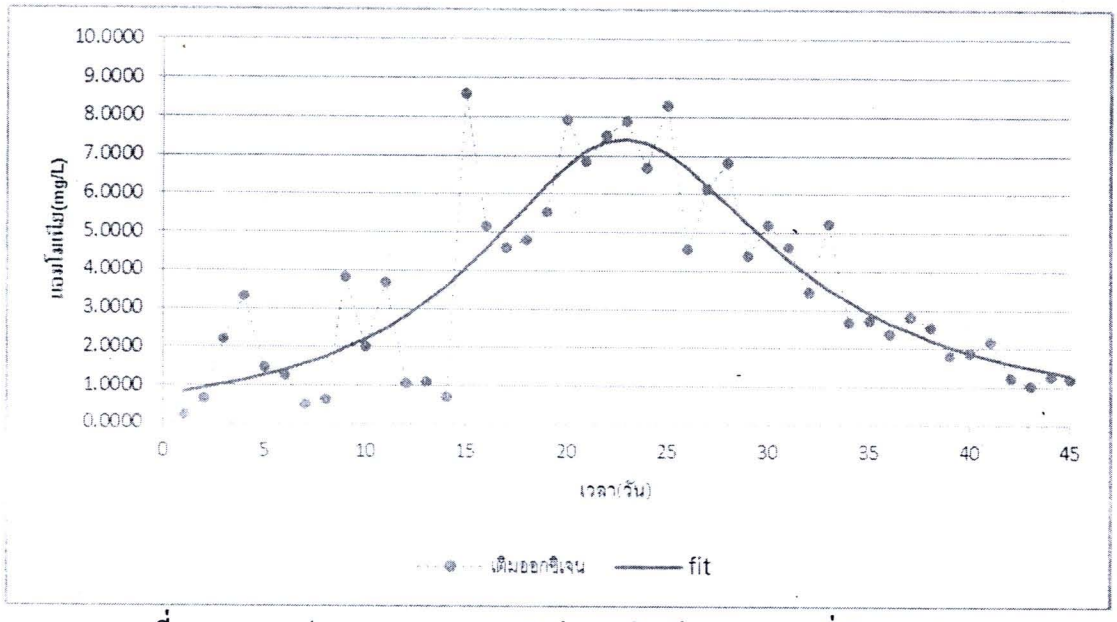
b = 0.0238666188017

c = -0.0794583647643

d = 0.00181683728962

จากสมการแนวโน้มที่สร้างขึ้นพบว่าหลังจากเริ่มต้นการทดลอง ค่าปริมาณแอมโมเนียของระบบบำบัดที่ไม่มีการบำบัด จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งขึ้นสู่จุดสูงสุดในวันที่ 20 – 25 จากนั้นจึงลดลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง

1.3.2 ค่าแอมโมเนียในระบบที่เติมออกซิเจน



ภาพที่ 1.19 กราฟแสดงผลการตรวจวัดค่าแอมโมเนียของระบบที่เติมออกซิเจน (mg/L)

จากการวิเคราะห์โดยใช้รูปแบบเชิงเส้น และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่าสมการที่เหมาะสมที่สุดคือ Rational Function ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.8634353 เส้นแนวโน้มของสมการดังกล่าวแสดงดังภาพที่ 1.19 รายดังละเอียดของสมการมีดังนี้

$$y = \frac{a + bx}{1 + cx + dx^2}$$

x = ระยะเวลา (วัน)

y = ค่าแอมโมเนีย

a = 0.555151774763

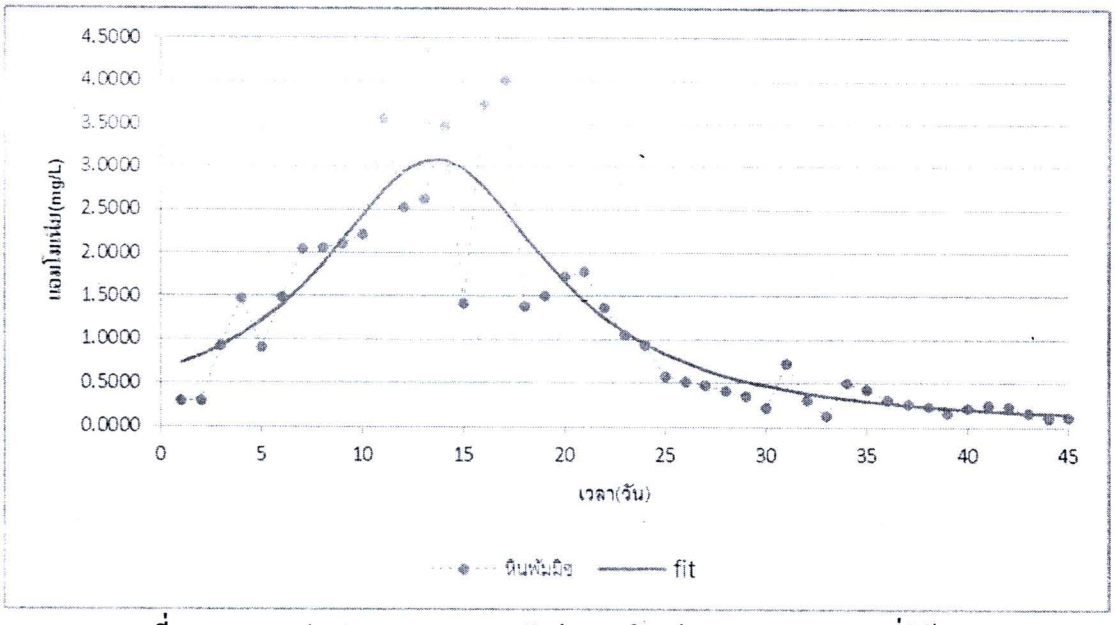
b = 0.0238666188017

c = -0.0794583647643

d = 0.00181683728962

จากสมการแนวโน้มที่สร้างขึ้นพบว่าหลังจากเริ่มต้นการทดลอง ค่าปริมาณแอมโมเนียของระบบบำบัดที่ไม่มีการบำบัด จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งขึ้นสู่จุดสูงสุดในวันที่ 20 – 25 จากนั้นจึงลดลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลองลักษณะของข้อมูลต่างๆ มีความคล้ายคลึงกับระบบที่ไม่มีการบำบัดใดๆ อย่างมีนัยสำคัญ

1.3.3 ค่าแอมโมเนียในระบบที่ใช้หินพัมมิซบำบัด



ภาพที่ 1.20 กราฟแสดงผลการตรวจวัดค่าแอมโมเนียของระบบบำบัดที่ใช้หินพัมมิซ (mg/L)

จากการวิเคราะห์โดยใช้รูปแบบเชิงเส้น และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่าสมการที่เหมาะสมที่สุดคือ Reciprocal Quadratic ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.9058569 เส้นแนวโน้มของสมการดังกล่าวแสดงดังภาพที่ 1.20 รายดังละเอียดของสมการมีดังนี้

$$y = \frac{1}{a + bx + cx^2}$$

x = ระยะเวลา (วัน)

y = ค่าแอมโมเนีย

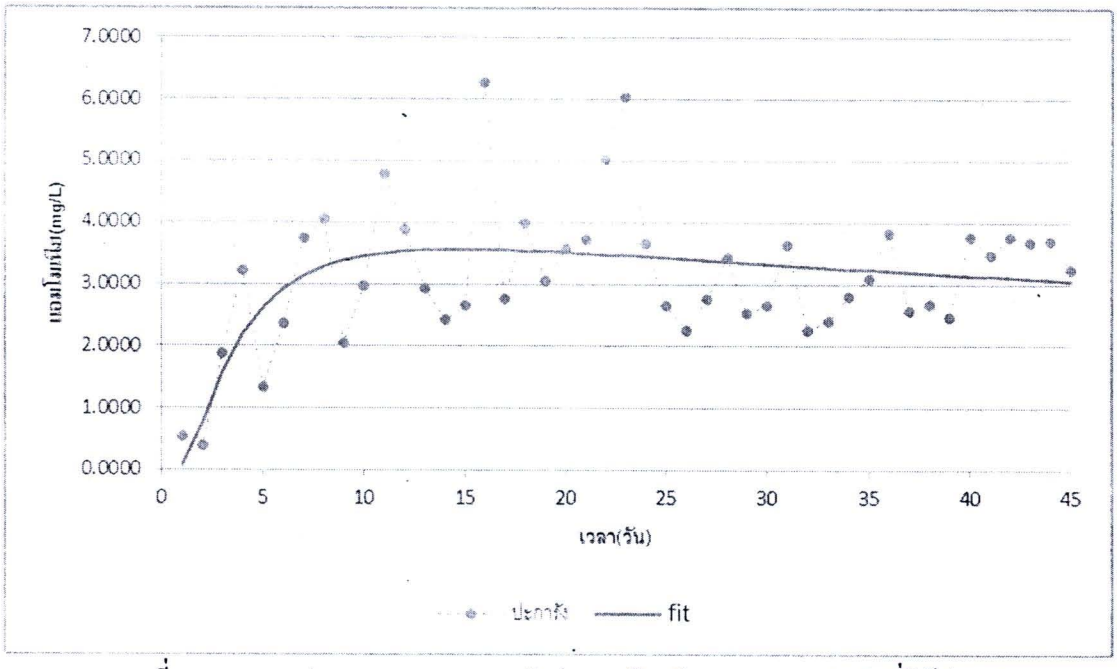
a = 1.56391191946

b = -0.182633111321

c = - 0.00671960094648

จากสมการแนวโน้มที่สร้างขึ้นพบว่าหลังจากเริ่มต้นการทดลอง ค่าปริมาณแอมโมเนียของระบบบำบัดที่ใช้หินพัมมิซในการบำบัด จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งขึ้นสู่จุดสูงสุดในวันที่ 10 จากนั้นจึงลดลงอย่างต่อเนื่องเรื่อยๆ จนกระทั่งค่าเกือบจะเป็น 0 จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง

1.3.4 ค่าแอมโมเนียในระบบที่ใช้ปะการังบำบัด



ภาพที่ 1.21 กราฟแสดงผลการตรวจวัดค่าแอมโมเนียของระบบบำบัดที่ใช้ปะการัง (mg/L)

จากการวิเคราะห์โดยใช้รูปแบบเชิงเส้น และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่าสมการที่เหมาะสมที่สุดคือ Vapor Pressure Model ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.5826106 เส้นแนวโน้มของสมการดังกล่าวแสดงดังภาพที่ 1.21 รายดังละเอียดของสมการมีดังนี้

$$y = e^{a+\frac{b}{x}+c(Ln(x))}$$

x = ระยะเวลา (วัน)

y = ค่าแอมโมเนีย

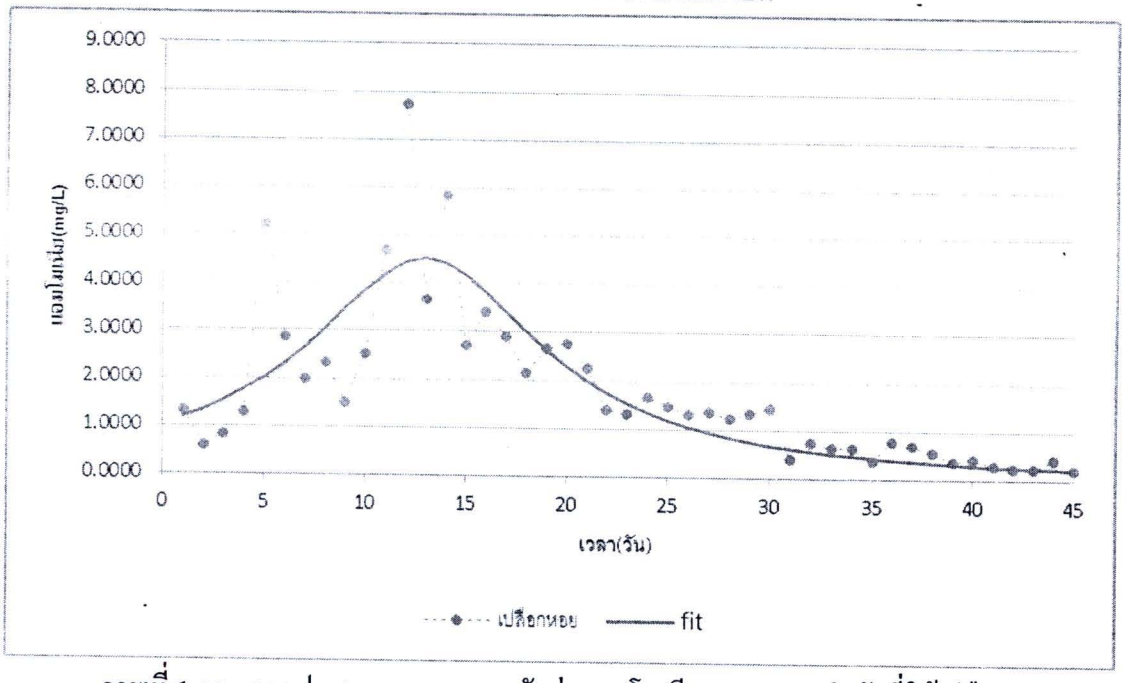
a = 2.55250471794

b = -5.15467548476

c = -0.346452001002

จากสมการแนวโน้มที่สร้างขึ้นพบว่าหลังจากเริ่มต้นการทดลอง ค่าปริมาณแอมโมเนียของระบบบำบัดที่ใช้ปะการังในการบำบัด จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งขึ้นสู่จุดสูงสุดในวันที่ 10 จากนั้นจึงคงตัวแต่ยังลดลงอย่างต่อเนื่องช้าๆ จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง

1.3.5 ค่าแอมโมเนียในระบบที่ใช้เปลือกหอยบำบัด



ภาพที่ 1.22 กราฟแสดงผลการตรวจวัดค่าแอมโมเนียของระบบบำบัดที่ใช้เปลือกหอย (mg/L)

จากการวิเคราะห์โดยใช้รูปแบบเชิงเส้น และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่าสมการที่เหมาะสมที่สุดคือ Reciprocal Quadratic ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.8181994 เส้นแนวโน้มของสมการดังกล่าวแสดงดังภาพที่ 1.22 รายดังละเอียดของสมการมีดังนี้

$$y = \frac{1}{a + bx + cx^2}$$

x = ระยะเวลา (วัน)

y = ค่าแอมโมเนีย

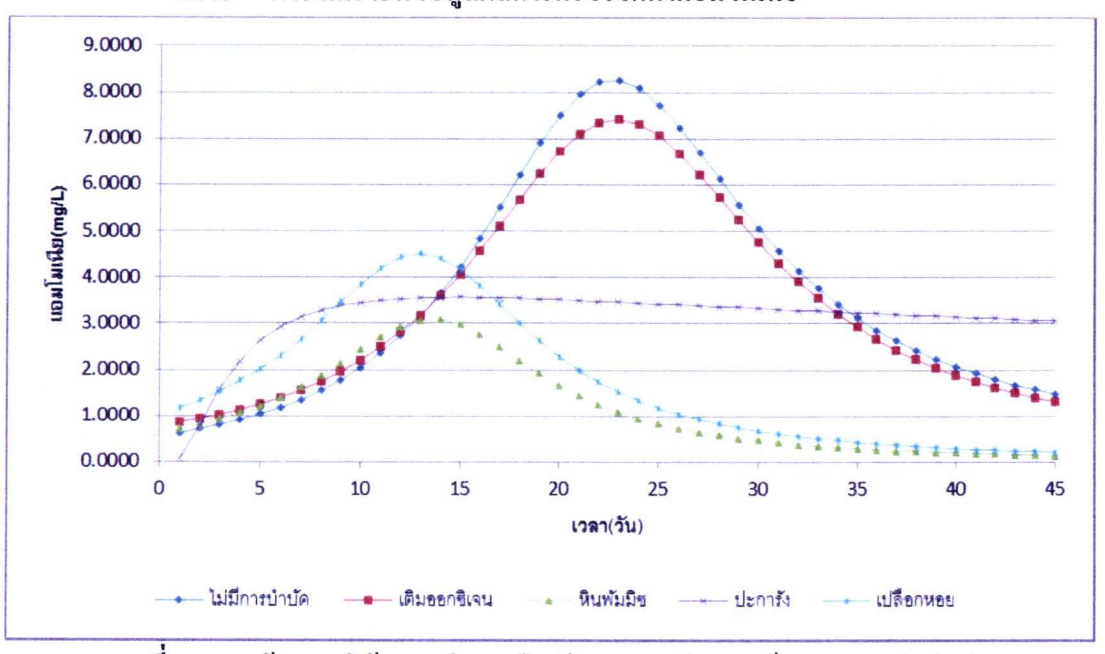
a = 0.946220646374

b = -0.111841705466

c = 0.00431465245362

จากสมการแนวโน้มที่สร้างขึ้นพบว่าหลังจากเริ่มต้นการทดลอง ค่าปริมาณแอมโมเนียของระบบบำบัดที่ใช้เปลือกหอยในการบำบัด จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งขึ้นสู่จุดสูงสุดในวันที่ 12 จากนั้นจึงลดลงอย่างต่อเนื่องเรื่อยๆ จนกระทั่งค่าเกือบจะเป็น 0 จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง

1.3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลผลการตรวจวัดค่าแอมโมเนีย



ภาพที่ 1.23 เส้นแนวโน้มของค่าแอมโมเนียจากการวิเคราะห์ของระบบบำบัดประเภทต่างๆที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 1.11 การวิเคราะห์ข้อมูลผลการตรวจวัดค่าแอมโมเนีย

การบำบัด	สมการแนวโน้ม	รายละเอียด	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
ไม่มีการบำบัด	$y = \frac{a + bx}{1 + cx + dx^2}$	x = ระยะเวลา (วัน) y = ค่าแอมโมเนีย a = 0.555151774763	0.9250669

การบำบัด	สมการแนวโน้ม	รายละเอียด	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
		b = 0.0238666188017 c = -0.0794583647643 d = 0.00181683728962	
เติมออกซิเจน	$y = \frac{a + bx}{1 + cx + dx^2}$	x = ระยะเวลา (วัน) y = ค่าแอมโมเนีย a = 0.555151774763 b = 0.0238666188017 c = -0.0794583647643 d = 0.00181683728962	0.8634353
หินพัมมิซ	$y = \frac{1}{a + bx + cx^2}$	x = ระยะเวลา (วัน) y = ค่าแอมโมเนีย a = 1.56391191946 b = -0.182633111321 c = - 0.00671960094648	0.9058569
ปะการัง	$y = e^{a+\frac{b}{x}+c(Ln(x))}$	x = ระยะเวลา (วัน) y = ค่าแอมโมเนีย a = 2.55250471794 b = -5.15467548476 c = -0.346452001002	0.5826106
เปลือกหอย	$y = \frac{1}{a + bx + cx^2}$	x = ระยะเวลา (วัน) y = ค่าแอมโมเนีย a = 0.946220646374 b = -0.111841705466 c = 0.00431465245362	0.8181994

1.4 ผลการตรวจวัดไนไตรท์

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการตรวจวัดค่าไนไตรท์ต่อเนื่องเป็นเวลา 45 วัน ผลการตรวจวัดดังตารางที่ 1.12 จากผลการตรวจวัดพบว่าระบบที่ไม่มีการบำบัดใดๆ ให้ค่าปริมาณไนไตรท์เฉลี่ยที่สูงที่สุด คือ 0.51 mg/L รองลงมาคือ ระบบบำบัดที่เติมออกซิเจน 0.51 mg/L ระบบ

บำบัดที่ใช้ปะการัง 0.33 mg/L ระบบบำบัดที่ใช้เปลือกหอย 0.24 mg/L และระบบบำบัดที่ใช้หินพัมมิซ 0.12 mg/L ซึ่งเป็นค่าในการบำบัดไนไตรท์ที่ดีที่สุด

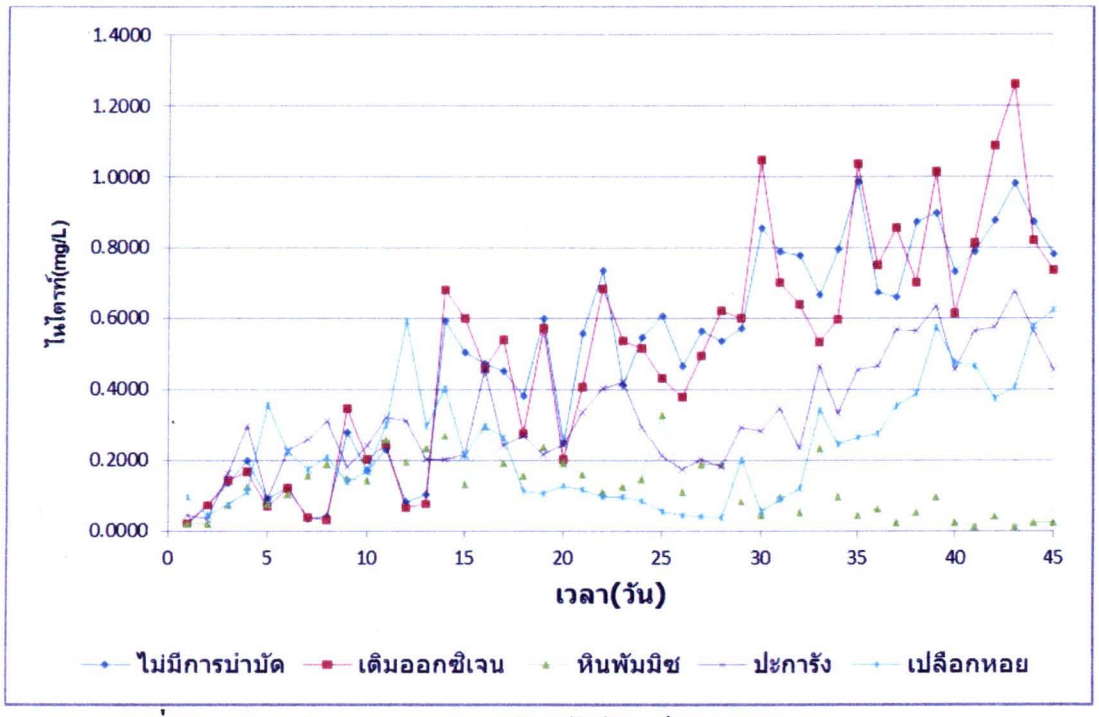
ตารางที่ 1.12 ผลการตรวจวัดค่าไนไตรท์ (mg/L)

วันที่	ไม่มีการบำบัด	เติมออกซิเจน	หินพัมมิซ	ปะการัง	เปลือกหอย
1	0.0192	0.0198	0.0195	0.0448	0.0973
2	0.0715	0.0736	0.0200	0.0333	0.0446
3	0.1350	0.1431	0.0729	0.1645	0.0774
4	0.1985	0.1688	0.1258	0.2957	0.1102
5	0.0912	0.0702	0.0773	0.0899	0.3563
6	0.1248	0.1211	0.1041	0.2263	0.2246
7	0.0336	0.0383	0.1579	0.2601	0.1751
8	0.0400	0.0284	0.1882	0.3100	0.2086
9	0.2801	0.3473	0.1491	0.1812	0.1390
10	0.1692	0.2031	0.1439	0.2427	0.1707
11	0.2313	0.2452	0.2592	0.3226	0.3010
12	0.0824	0.0667	0.1967	0.3101	0.5930
13	0.1028	0.0750	0.2342	0.2035	0.2990
14	0.5922	0.6810	0.2692	0.2007	0.4015
15	0.5050	0.6010	0.1310	0.2174	0.2141
16	0.4715	0.4574	0.2965	0.4563	0.2983
17	0.4538	0.5400	0.1918	0.2402	0.2641
18	0.3818	0.2749	0.1569	0.2701	0.1160
19	0.6000	0.5700	0.2362	0.2167	0.1070
20	0.2477	0.2031	0.1916	0.2456	0.1299
21	0.5572	0.4068	0.1619	0.3348	0.1196
22	0.7365	0.6850	0.1111	0.4026	0.0971
23	0.4140	0.5382	0.1246	0.4215	0.0970
24	0.5476	0.5147	0.1474	0.2929	0.0859
25	0.6068	0.4308	0.3284	0.2145	0.0560
26	0.4654	0.3770	0.1110	0.1756	0.0448
27	0.5636	0.4959	0.1873	0.2012	0.0412
28	0.5356	0.6213	0.1878	0.1797	0.0367

วันที่	ไม่มีการบำบัด	เติมออกซิเจน	หินพัมมิซ	ปะการัง	เปลือกหอย
29	0.5709	0.5994	0.0841	0.2947	0.2007
30	0.8562	1.0446	0.0438	0.2836	0.0559
31	0.7894	0.7026	0.0984	0.3452	0.0912
32	0.7789	0.6387	0.0523	0.2352	0.1231
33	0.6671	0.5337	0.2345	0.4646	0.3423
34	0.7965	0.5974	0.0982	0.3325	0.2432
35	0.9870	1.0364	0.0435	0.4546	0.2657
36	0.6750	0.7493	0.0624	0.4665	0.2755
37	0.6598	0.8577	0.0245	0.5674	0.3535
38	0.8753	0.7002	0.0523	0.5634	0.3879
39	0.8976	1.0143	0.0982	0.6345	0.5768
40	0.7324	0.6152	0.0235	0.4568	0.4769
41	0.7899	0.8136	0.0123	0.5654	0.4679
42	0.8792	1.0902	0.0423	0.5769	0.3757
43	0.9846	1.2603	0.0142	0.6787	0.4078
44	0.8734	0.8210	0.0234	0.5650	0.5790
45	0.7829	0.7359	0.0245	0.4542	0.6234

ตารางที่ 1.13 ค่าต่ำสุด สูงสุด และค่าเฉลี่ยของผลการตรวจวัดปริมาณไนไตรท์ (mg/L)

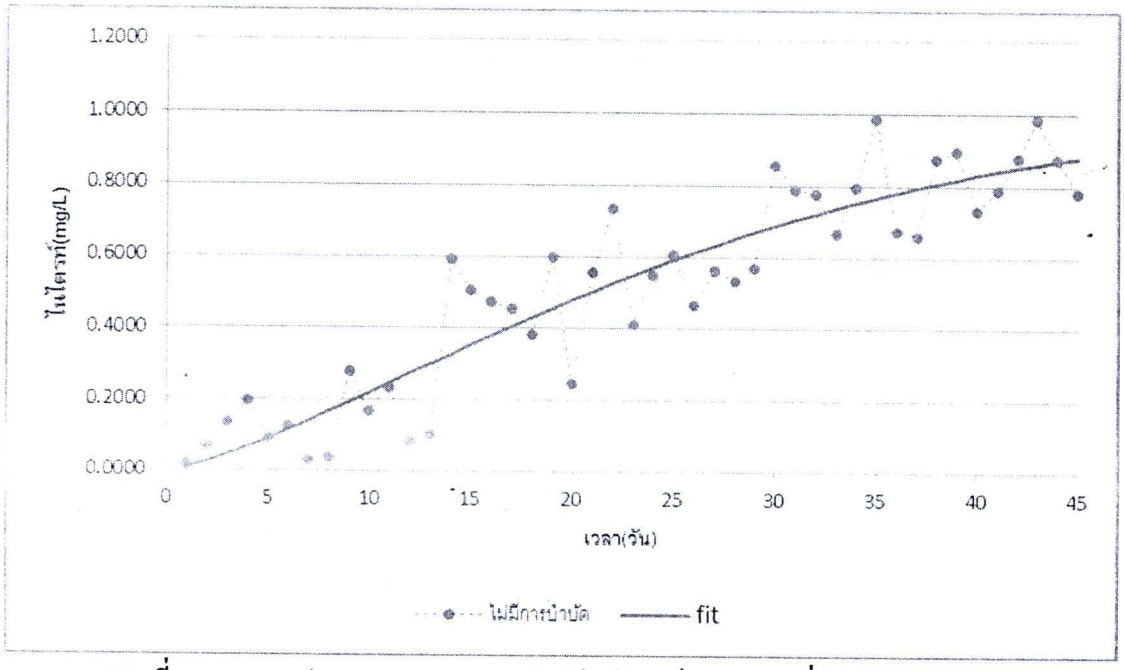
	ไม่มีการบำบัด	เติมออกซิเจน	หินพัมมิซ	ปะการัง	เปลือกหอย
ค่าต่ำสุด	0.02	0.02	0.01	0.03	0.04
ค่าสูงสุด	0.99	1.26	0.33	0.68	0.62
ค่าเฉลี่ย	0.51	0.51	0.12	0.33	0.24



ภาพที่ 1.24 กราฟแสดงผลการตรวจวัดค่าไนไตรท์ (mg/L)

จากผลการตรวจวัดค่าไนไตรท์เป็นเวลา 45 วัน เมื่อนำข้อมูลที่ตรวจวัดได้สร้างกราฟเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าไนไตรท์กับระยะเวลา ผลที่ได้ดังภาพด้านบน จากผลการวิเคราะห์พบว่า แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงของค่าไนไตรท์กับระยะเวลาไม่ไปเป็นไปในเชิงเส้นตรง ผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลผลการตรวจวัดค่าไนไตรท์ของแต่ละระบบบำบัดมาหาความสัมพันธ์โดยใช้สมการประเภทต่างทดลองหาเส้นแนวโน้มที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นตัวกำหนดว่าสมการใดมีความเหมาะสมในการสร้างเส้นแนวโน้มเพื่อทำนายที่สุด ผลการวิเคราะห์ที่ได้มีดังนี้

1.4.1 ค่าไนไตรท์ในระบบที่ไม่มีการบำบัด



ภาพที่ 1.25 กราฟแสดงผลการตรวจวัดค่าไนไตรท์ของระบบที่ไม่มีการบำบัด (mg/L)

จากการวิเคราะห์โดยใช้รูปแบบเชิงเส้น และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่าสมการที่เหมาะสมที่สุดคือ Hoerl Model ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.9176606 เส้นแนวโน้มของสมการดังกล่าวแสดงดังภาพที่ 1.25 รายดังละเอียดของสมการมีดังนี้

$$y = a + bx + x^c$$

x = ระยะเวลา (วัน)

y = ค่าไนไตรท์

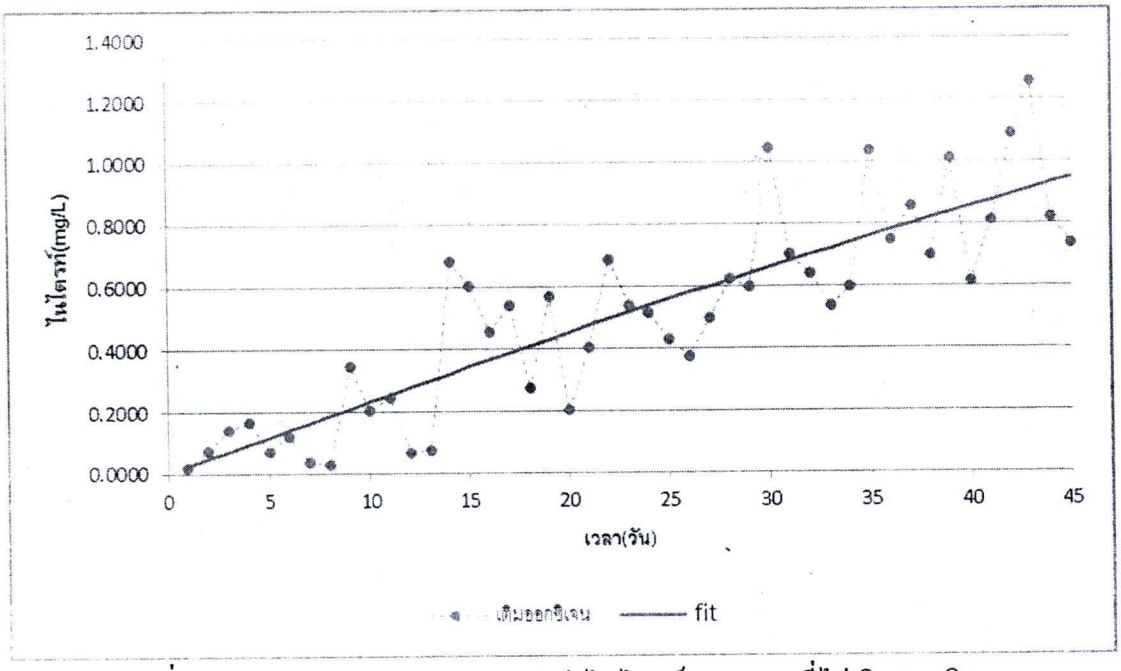
a = 0.00974

b = 0.977

c = 1.45

จากสมการแนวโน้มที่สร้างขึ้นพบว่าหลังจากเริ่มต้นการทดลอง ค่าปริมาณไนไตรท์ของระบบบำบัดที่ไม่มีการบำบัด จะเพิ่มขึ้นในอัตราส่วนที่ลดลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งขึ้นจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง

1.4.2 ค่าไนไตรท์ในระบบที่เติมออกซิเจน



ภาพที่ 1.26 กราฟแสดงผลการตรวจวัดค่าไนไตรท์ของระบบที่ไม่เติมออกซิเจน (mg/L)

จากการวิเคราะห์โดยใช้รูปแบบเชิงเส้น และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่าสมการที่เหมาะสมที่สุดคือ Exponential Association ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.8566949 เส้นแนวโน้มของสมการดังกล่าวแสดงดังภาพที่ 1.26 รายดังละเอียดของสมการมีดังนี้

$$y = a(1 - e^{-bx})$$

x = ระยะเวลา (วัน)

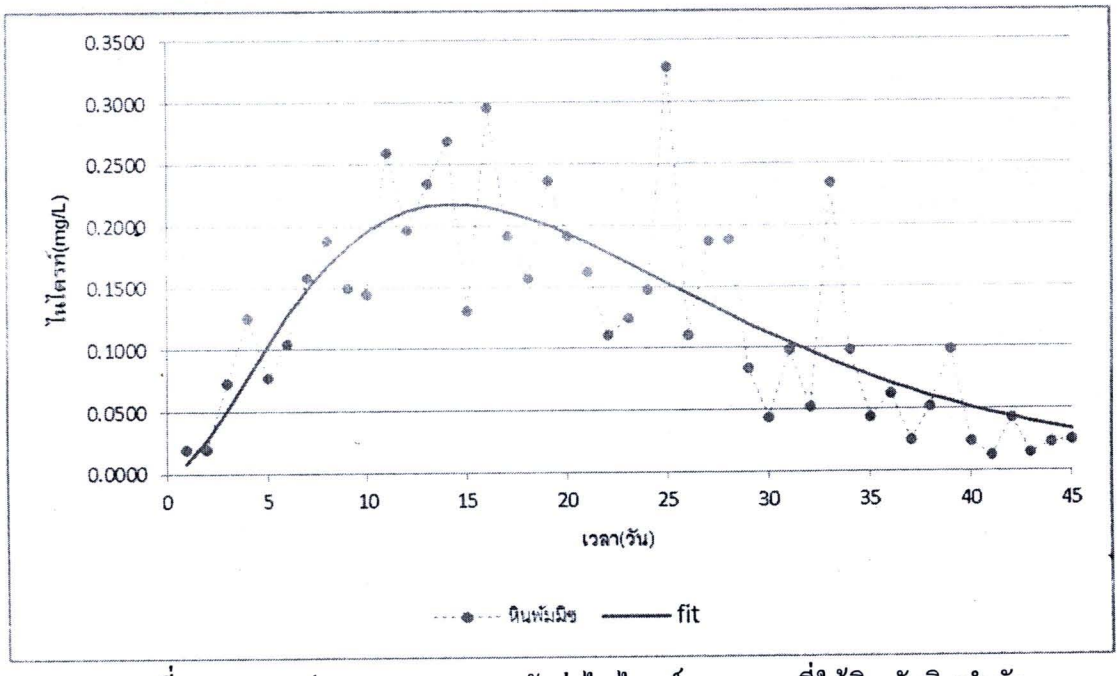
y = ค่าไนไตรท์

a = 4.15

b = 0.00578

จากสมการแนวโน้มที่สร้างขึ้นพบว่าหลังจากเริ่มต้นการทดลอง ค่าปริมาณไนไตรท์ของระบบบำบัดที่เติมออกซิเจน จะเพิ่มขึ้นในอัตราส่วนที่ลดลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งขึ้นจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง

1.4.3 ค่าไนไตรท์ในระบบที่ใช้หินพัมมิซบำบัด



ภาพที่ 1.27 กราฟแสดงผลการตรวจวัดค่าไนไตรท์ของระบบที่ใช้หินพัมมิซบำบัด (mg/L)

จากการวิเคราะห์โดยใช้รูปแบบเชิงเส้น และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่าสมการที่เหมาะสมที่สุดคือ Hoerl Model ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.7919867 เส้นแนวโน้มของสมการดังกล่าวแสดงดังภาพที่ 1.27 รายดังละเอียดของสมการมีดังนี้

$$y = a + bx + x^c$$

x = ระยะเวลา (วัน)

y = ค่าไนไตรท์

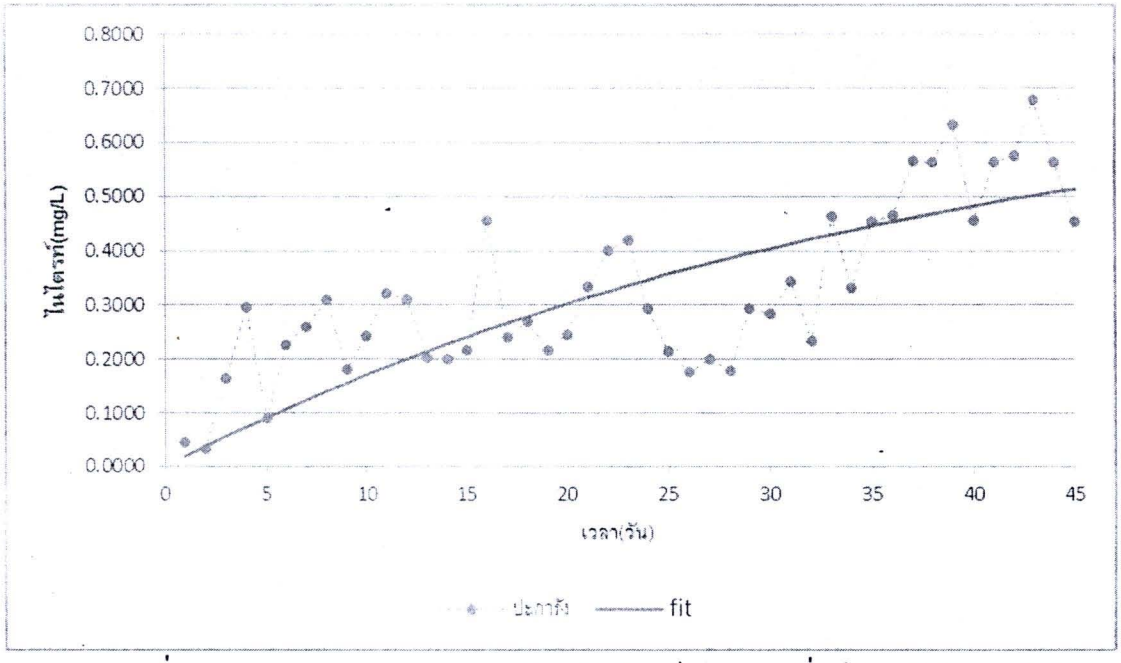
a = 0.00975

b = 0.877

c = 1.87

จากสมการแนวโน้มที่สร้างขึ้นพบว่าหลังจากเริ่มต้นการทดลอง ค่าปริมาณไนไตรท์ของระบบบำบัดที่ใช้หินพัมมิซในการบำบัด จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งขึ้นสู่จุดสูงสุดในวันที่ 15 จากนั้นจึงลดลงอย่างต่อเนื่องเรื่อยๆ จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง

1.4.4 ค่าไนไตรท์ในระบบที่ใช้ปะการังบำบัด



ภาพที่ 1.28 กราฟแสดงผลการตรวจวัดค่าไนไตรท์ของระบบที่ใช้ปะการังในการบำบัด (mg/L)

จากการวิเคราะห์โดยใช้รูปแบบเชิงเส้น และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่าสมการที่เหมาะสมที่สุดคือ Exponential Association ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.7123873 เส้นแนวโน้มของสมการดังกล่าวแสดงดังสมการ

$$y = a(1 - e^{-bx})$$

x = ระยะเวลา (วัน)

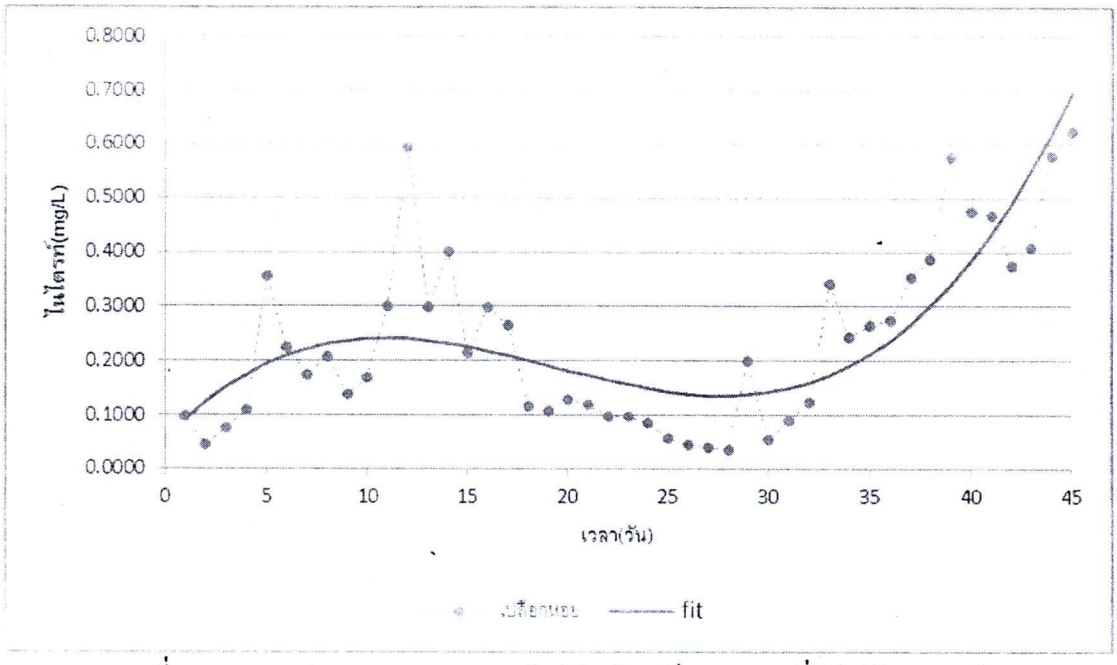
y = ค่าไนไตรท์

a = 0.745

b = 0.0261

จากสมการแนวโน้มที่สร้างขึ้นพบว่าหลังจากเริ่มต้นการทดลอง ค่าปริมาณไนไตรท์ของระบบบำบัดที่ใช้ปะการังในการบำบัด จะเพิ่มขึ้นในอัตราส่วนที่ลดลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งขึ้นจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง

1.4.5 ค่าไนไตรท์ในระบบที่ใช้เปลือกหอยบำบัด



ภาพที่ 1.29 กราฟแสดงผลการตรวจวัดค่าไนไตรท์ของระบบที่ใช้เปลือกหอยในการบำบัด (mg/L)

จากการวิเคราะห์โดยใช้รูปแบบเชิงเส้น และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่าสมการที่เหมาะสมที่สุดคือ 3rd degree Polynomial Fit ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.7845924 เส้นแนวโน้มของสมการดังกล่าวแสดงดังภาพที่ 1.29 รายดังละเอียดของสมการมีดังนี้

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3$$

x = ระยะเวลา (วัน)

y = ค่าไนไตรท์

a = 0.0541

b = 0.0398

c = -0.00255

d = 0.000044

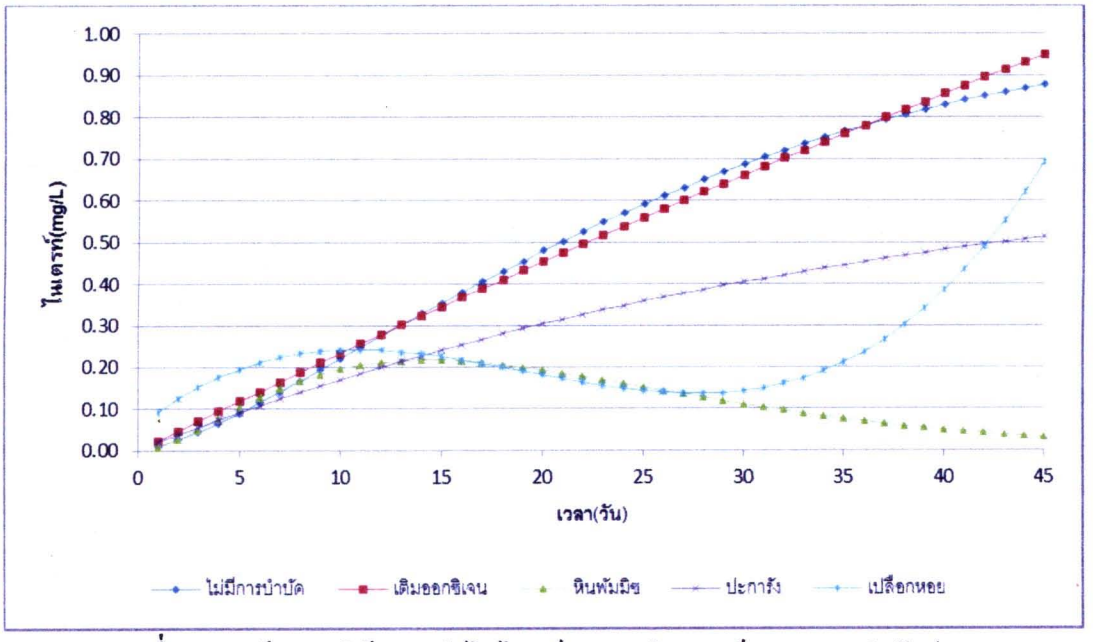
จากสมการแนวโน้มที่สร้างขึ้นพบว่าหลังจากเริ่มต้นการทดลอง ค่าปริมาณไนไตรท์ของระบบบำบัดที่ใช้เปลือกหอยในการบำบัด จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

จนกระทั่งขึ้นสู่จุดสูงสุดในวันที่ 10 จากนั้นจึงลดลงอย่างต่อเนื่องเรื่อยๆ ก่อนจะกลับมาเพิ่มขึ้นอีกครั้งในวันที่ 25 และเพิ่มอย่างทวีคูณจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง

1.4.6 การวิเคราะห์ข้อมูลผลการตรวจวัดค่าไนไตรท์

ตารางที่ 1.14 การวิเคราะห์ข้อมูลผลการตรวจวัดค่าไนไตรท์

การบำบัด	สมการแนวโน้ม	รายละเอียด	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ
ไม่มีการบำบัด	$y = a + bx + x^c$	x = ระยะเวลา (วัน) y = ค่าไนไตรท์ a = 0.00974 b = 0.977 c = 1.45	0.9176606
เติมออกซิเจน	$y = a(1 - e^{-bx})$	x = ระยะเวลา (วัน) y = ค่าไนไตรท์ a = 4.15 b = 0.00578	0.8566949
หินพัมมิซ	$y = a + bx + x^c$	x = ระยะเวลา (วัน) y = ค่าไนไตรท์ a = 0.00975 b = 0.877 c = 1.87	0.7919867
ปะการัง	$y = a(1 - e^{-bx})$	x = ระยะเวลา (วัน) y = ค่าไนไตรท์ a = 0.745 b = 0.0261	0.7123873
เปลือกหอย	$y = a + bx + cx^2 + dx^3$	x = ระยะเวลา (วัน) y = ค่าไนไตรท์ a = 0.0541 b = 0.0398 c = -0.00255 d = 0.000044	0.7845924



ภาพที่ 1.30 เส้นแนวโน้มของค่าไนไตรท์จากการวิเคราะห์ของระบบบำบัดประเภทต่างๆที่ใช้ในการทดลอง

1.5 ผลการตรวจวัดไนเตรท

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการตรวจวัดค่าไนเตรทต่อเนื่องเป็นเวลา 45 วัน ผลการตรวจวัดจากผลการตรวจวัดพบว่าระบบที่ไม่มีการบำบัดใดๆ ให้ค่าปริมาณไนเตรทเฉลี่ยที่ต่ำที่สุด คือ 46.42 mg/L รองลงมาคือ ระบบบำบัดที่เติมออกซิเจน 52.83 mg/L ระบบบำบัดที่ใช้เปลือกหอย 98.46 mg/L ระบบบำบัดที่ใช้หินพัมมิซ 157.57 mg/L และระบบบำบัดที่ใช้ปะการัง 180.57 mg/L ซึ่งเป็นค่าในการบำบัดไนเตรทที่ดีที่สุดเนื่องจากเป็นการขจัดไนโตรเจนในน้ำเสียให้อยู่ในรูปที่อันตรายต่อสิ่งมีชีวิตน้อยที่สุด

ตารางที่ 1.15 ผลการตรวจวัดค่าไนเตรท (mg/L)

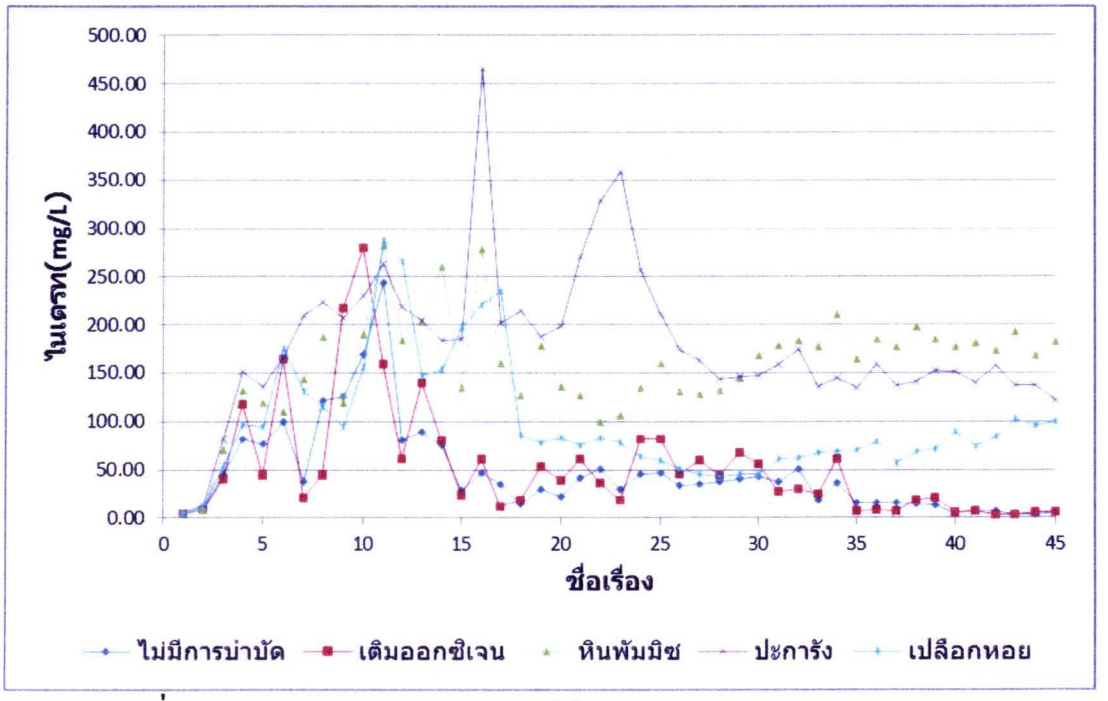
วันที่	ไม่มีการบำบัด	เติมออกซิเจน	หินพัมมิซ	ปะการัง	เปลือกหอย
1	3.94	4.06	5.26	4.99	4.18
2	9.60	8.55	8.70	13.28	12.19
3	45.34	40.81	70.16	82.10	54.77
4	81.08	117.56	131.61	150.92	97.36
5	75.89	44.78	118.84	135.37	94.53
6	100.02	164.03	109.77	166.54	175.94

วันที่	ไม่มีการบำบัด	เติมออกซิเจน	หินพัมมิซ	ปะการัง	เปลือกหอย
7	37.95	20.49	142.99	209.23	130.61
8	121.28	44.87	187.37	223.47	114.53
9	125.60	217.28	119.38	206.55	93.92
10	168.78	280.17	190.46	229.31	156.12
11	244.35	158.83	282.19	262.77	287.92
12	79.74	61.40	183.43	217.77	266.32
13	89.17	139.11	203.28	204.33	147.92
14	75.28	79.80	260.66	183.80	154.33
15	28.18	23.39	134.77	185.13	197.22
16	47.19	60.88	279.24	465.48	221.01
17	35.04	11.91	160.39	201.32	234.85
18	14.10	18.19	126.91	215.04	84.98
19	30.04	53.16	178.57	187.10	78.10
20	21.80	39.23	135.82	199.32	83.37
21	41.73	60.92	126.91	270.63	75.15
22	50.72	36.52	99.07	329.54	83.01
23	29.67	18.69	106.50	359.04	77.31
24	45.20	81.36	133.97	256.30	63.83
25	47.45	81.61	160.51	211.05	60.37
26	33.93	45.12	130.24	174.30	50.50
27	35.50	59.64	128.31	162.93	45.03
28	37.60	44.37	132.25	143.17	43.21
29	40.40	67.87	145.00	146.60	45.60
30	42.60	56.23	167.80	147.80	46.20
31	37.65	27.48	178.08	158.76	60.42
32	51.05	30.63	183.34	174.40	61.95
33	17.87	25.37	176.54	135.24	67.32
34	36.21	60.48	210.10	144.16	68.90
35	16.35	7.36	164.16	133.90	70.30
36	15.27	8.55	185.11	159.14	79.17
37	16.50	7.43	177.38	137.24	57.66
38	14.70	18.38	197.16	141.12	68.40
39	13.52	20.81	184.44	152.00	71.61

วันที่	ไม่มีการบำบัด	เติมออกซิเจน	หินพัมมิซ	ปะการัง	เปลือกหอย
40	4.00	5.37	176.80	151.32	88.74
41	7.74	7.43	180.60	139.10	73.72
42	7.06	3.04	172.90	157.94	83.60
43	3.31	2.91	192.60	136.80	102.90
44	3.57	5.72	168.56	137.28	95.70
45	4.96	5.60	182.58	122.00	99.96

ตารางที่ 1.16 ค่าต่ำสุด สูงสุด และค่าเฉลี่ยของผลการตรวจวัดปริมาณไนเตรท (mg/L)

	ไม่มีการบำบัด	เติมออกซิเจน	หินพัมมิซ	ปะการัง	เปลือกหอย
ค่าต่ำสุด	3.31	2.91	5.26	4.99	4.18
ค่าสูงสุด	244.35	280.17	282.19	465.48	287.92
ค่าเฉลี่ย	46.42	52.83	157.57	180.57	98.46

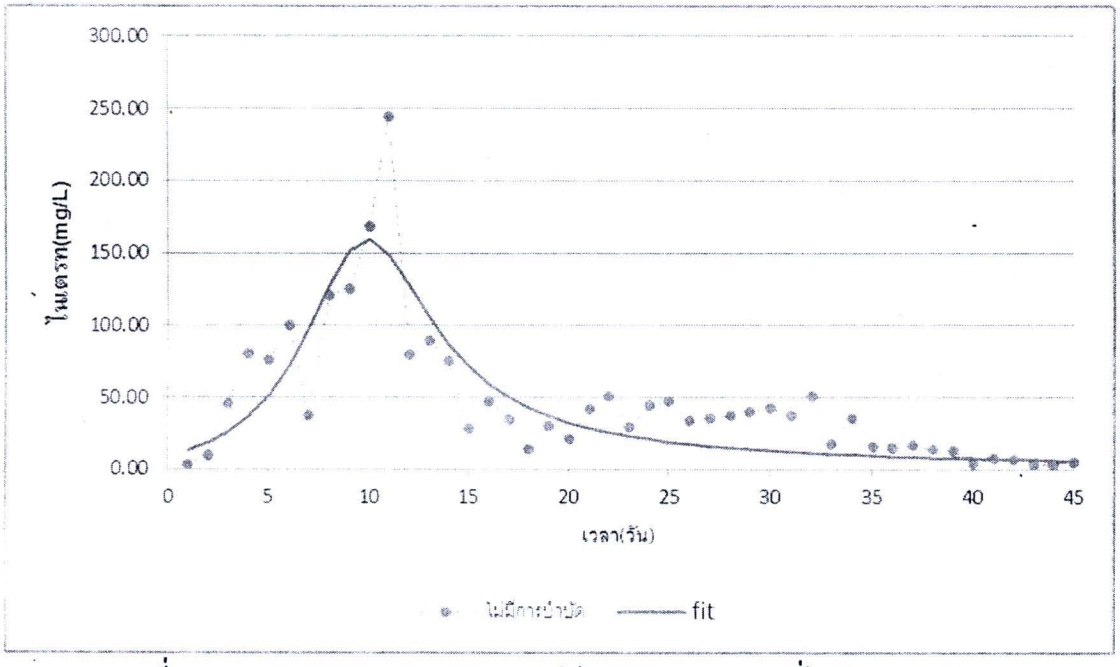


ภาพที่ 1.31 กราฟแสดงผลการตรวจวัดค่าไนเตรท (mg/L)

จากผลการตรวจวัดค่าไนเตรทเป็นเวลา 45 วัน เมื่อนำข้อมูลที่ตรวจวัดได้สร้างกราฟเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าไนเตรทกับระยะเวลา ผลที่ได้ดังภาพด้านบน จากผลการวิเคราะห์พบว่า แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงของค่าไนเตรทกับระยะเวลาไม่ไปเป็นไปในเชิง

เส้นตรง ผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลผลการตรวจวัดค่าไนเตรทของแต่ละระบบบำบัดมาหาความสัมพันธ์ โดยใช้สมการประเภทต่างทดลองหาเส้นแนวโน้มที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นตัวกำหนดว่าสมการใดมีความเหมาะสมในการสร้างเส้นแนวโน้มเพื่อทำนายที่สุด ผลการวิเคราะห์ที่ได้มีดังนี้

1.5.1 ค่าไนเตรทในระบบที่ไม่มีการบำบัด



ภาพที่ 1.32 กราฟแสดงผลการตรวจวัดค่าไนเตรทของระบบที่ไม่มีการบำบัด (mg/L)

จากการวิเคราะห์โดยใช้รูปแบบเชิงเส้น และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่าสมการที่เหมาะสมที่สุดคือ Rational Function ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.8214548 เส้นแนวโน้มของสมการดังกล่าวแสดงดังภาพที่ 1.32 รายดังละเอียดของสมการมีดังนี้

$$y = \frac{a + bx}{1 + cx + dx^2}$$

x = ระยะเวลา (วัน)

y = ค่าไนเตรท

a = 9.72436391358

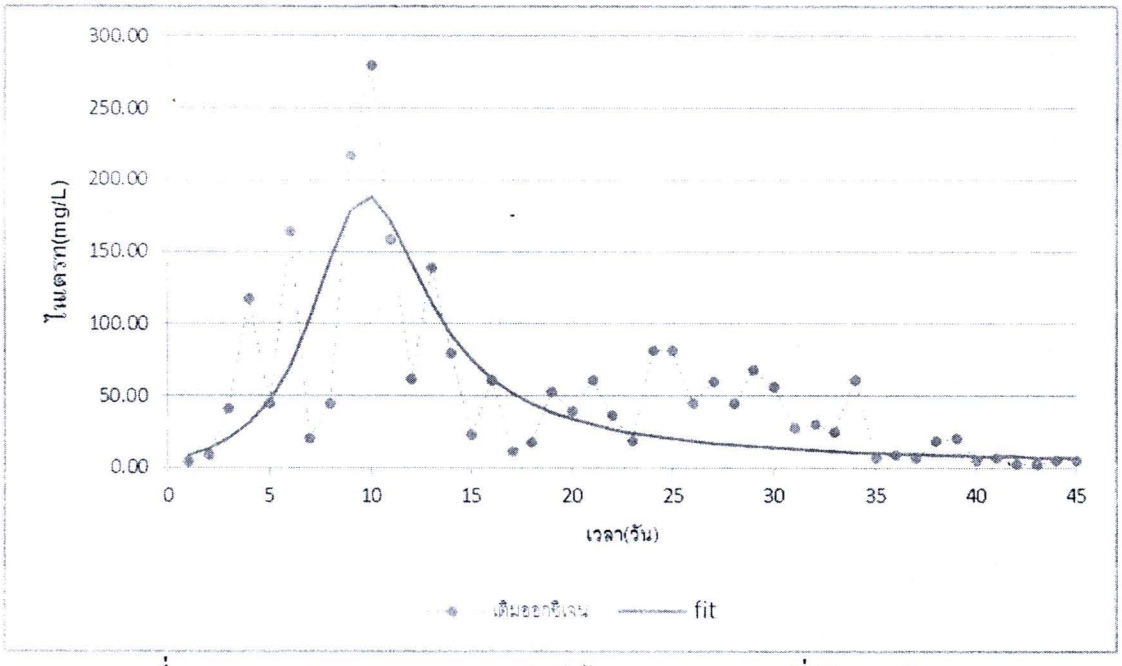
b = 1.51813559035

c = -0.18033159313

d = 0.00959641908375

จากสมการแนวโน้มที่สร้างขึ้นพบว่าหลังจากเริ่มต้นการทดลอง ค่าปริมาณไนเตรทของระบบที่ไม่มีการบำบัด จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งขึ้นสู่จุดสูงสุดในวันที่ 10 จากนั้นจึงลดลงอย่างต่อเนื่องเรื่อยๆ จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง

1.5.2 ค่าไนเตรทในระบบที่เติมออกซิเจน



ภาพที่ 1.33 กราฟแสดงผลการตรวจวัดค่าไนเตรทของระบบที่เติมออกซิเจน (mg/L)

จากการวิเคราะห์โดยใช้รูปแบบเชิงเส้น และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่าสมการที่เหมาะสมที่สุดคือ Rational Function ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.7078794เส้นแนว**โน้ม**ของสมการดังกล่าวแสดงดังภาพที่ 1.33 รายดังละเอียดของสมการมีดังนี้

$$y = \frac{a + bx}{1 + cx + dx^2}$$

x = ระยะเวลา (วัน)

y = ค่าไนเตรท

a = 5.19609651391

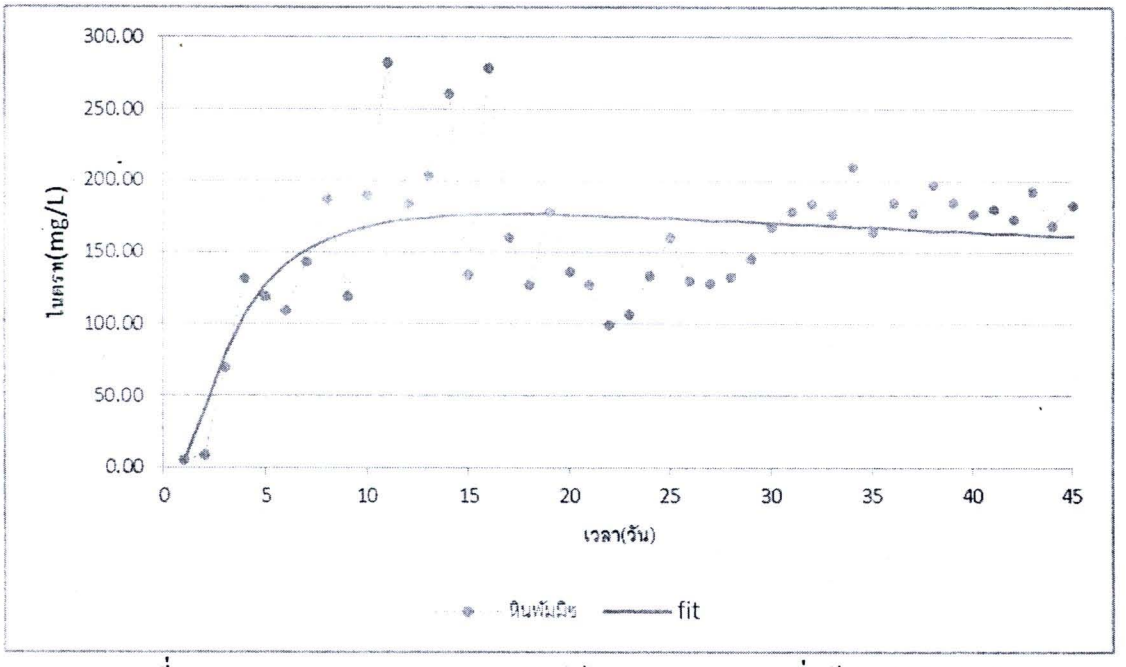
b = 1.8886874987

c = -0.188056632822

d = 0.0100831714236

จากสมการแนวโน้มที่สร้างขึ้นพบว่าหลังจากเริ่มต้นการทดลอง ค่าปริมาณไนเตรทของระบบที่เติมออกซิเจน จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งขึ้นสู่จุดสูงสุดในวันที่ 10 จากนั้นจึงลดลงอย่างต่อเนื่องเรื่อยๆ จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลองลักษณะของข้อมูลต่างๆ มีความคล้ายคลึงกับระบบที่ไม่มีการบำบัดใดๆ อย่างมีนัยสำคัญ

1.5.3 ค่าไนเตรทในระบบที่ใช้หินพัมมิซบำบัด



ภาพที่ 1.34 กราฟแสดงผลการตรวจวัดค่าไนเตรทของระบบที่ใช้หินพัมมิซบำบัด (mg/L)

จากการวิเคราะห์โดยใช้รูปแบบเชิงเส้น และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่าสมการที่เหมาะสมที่สุดคือ Vapor Pressure Model ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.6732019 เส้นแนวโน้มของสมการดังกล่าวแสดงภาพที่ 1.34 รายดังละเอียดของสมการมีดังนี้

$$y = e^{a+\frac{b}{x}+c(Ln(x))}$$

x = ระยะเวลา (วัน)

y = ค่าไนเตรท

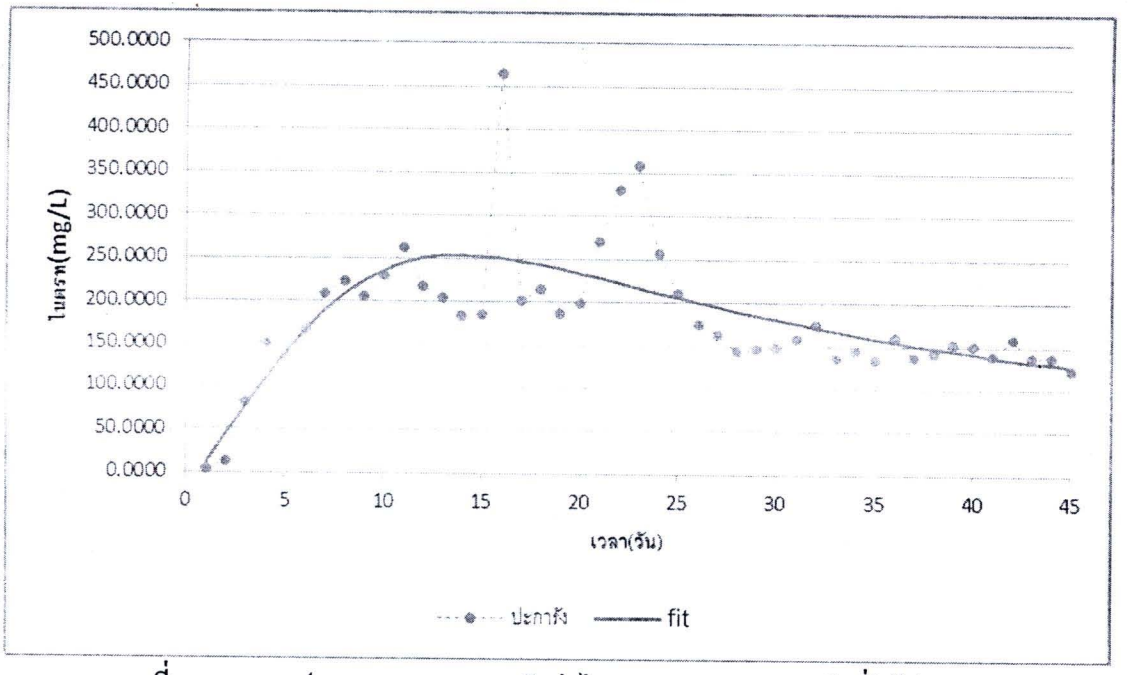
a = 6.21065605882

b = -4.65630215104

c = -0.269578898028

จากสมการแนวโน้มที่สร้างขึ้นพบว่าหลังจากเริ่มต้นการทดลอง ค่าปริมาณไนเตรทของระบบบำบัดที่ใช้หินพัมมิซในการบำบัด จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งขึ้นสู่จุดสูงสุดในวันที่ 10 จากนั้นจึงคงตัวแต่ยังลดลงอย่างต่อเนื่องช้าๆ จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง

1.5.4 ค่าไนเตรทในระบบที่ใช้ปะการังบำบัด



ภาพที่ 1.35 กราฟแสดงผลการตรวจวัดค่าไนเตรทของระบบบำบัดที่ใช้ปะการัง (mg/L)

จากการวิเคราะห์โดยใช้รูปแบบเชิงเส้น และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่าสมการที่เหมาะสมที่สุดคือ Rational Function ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.7078794เส้นแนวโน้มของสมการดังกล่าวแสดงดังภาพที่ 1.35 รายดังละเอียดของสมการมีดังนี้

$$y = \frac{a + bx}{1 + cx + dx^2}$$

x = ระยะเวลา (วัน)

y = ค่าไนเตรท

a = -19.6029157852

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

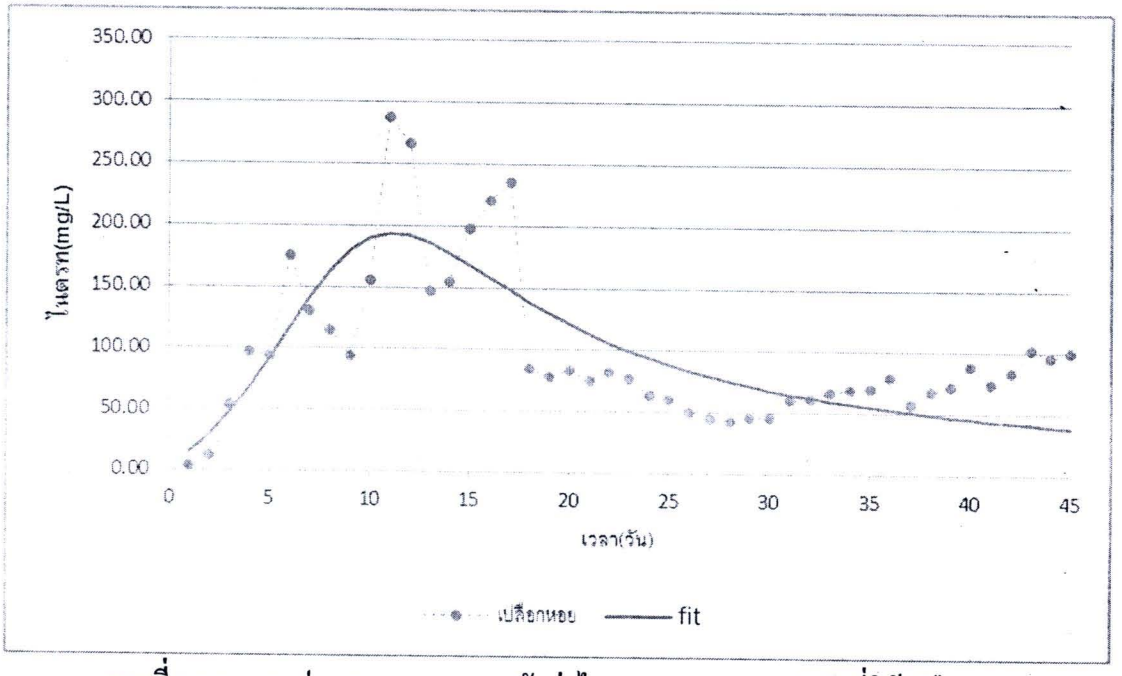
b = 30.7814765465

c = -0.0340034593323

d = 0.00558985773712

จากสมการแนวโน้มที่สร้างขึ้นพบว่าหลังจากเริ่มต้นการทดลอง ค่าปริมาณไนเตรทของระบบบำบัดที่ใช้ปะการังในการบำบัด จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งขึ้นสู่จุดสูงสุดในวันที่ 15 จากนั้นจึงคงตัวแต่ยังลดลงอย่างต่อเนื่องช้าๆ จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง

1.5.5 ค่าไนเตรทในระบบที่ใช้เปลือกหอยบำบัด



ภาพที่ 1.36 กราฟแสดงผลการตรวจวัดค่าไนเตรทของระบบบำบัดที่ใช้เปลือกหอย (mg/L)

จากการวิเคราะห์โดยใช้รูปแบบเชิงเส้น และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่าสมการที่เหมาะสมที่สุดคือ Rational Function ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.7394702เส้นแนวโน้มของสมการดังกล่าวแสดงดังภาพที่ 1.36 รายดังละเอียดของสมการมีดังนี้

$$y = \frac{a + bx}{1 + cx + dx^2}$$

x = ระยะเวลา (วัน)

y = ค่าไนเตรท

a = 3.23384846524

b = 9.7266640318

c = -0.126068950514

d = 0.00789678751234

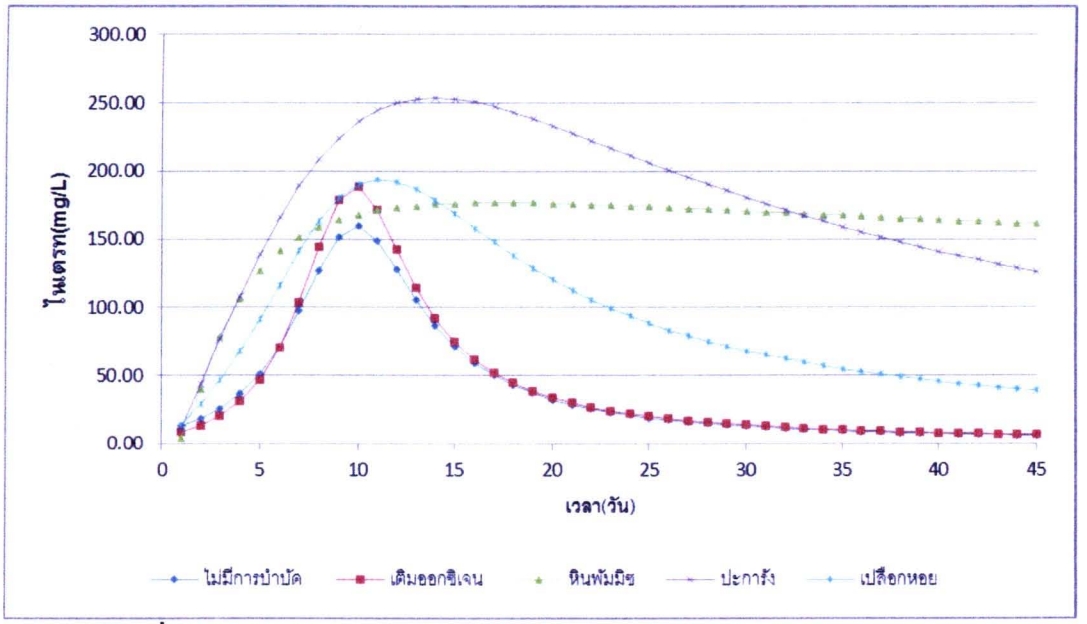
จากสมการแนวโน้มที่สร้างขึ้นพบว่าหลังจากเริ่มต้นการทดลอง ค่าปริมาณไนเตรทของระบบบำบัดที่ใช้เปลือกหอยในการบำบัด จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งขึ้นสู่จุดสูงสุดในวันที่ 10 จากนั้นจึงลดลงอย่างต่อเนื่องเรื่อยๆ จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง

1.5.6 การวิเคราะห์ข้อมูลผลการตรวจวัดค่าไนเตรท

ตารางที่ 1.17 การวิเคราะห์ข้อมูลผลการตรวจวัดค่าไนเตรท

การบำบัด	สมการแนวโน้ม	รายละเอียด	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ
ไม่มีการบำบัด	$y = \frac{a + bx}{1 + cx + dx^2}$	x = ระยะเวลา (วัน) y = ค่าไนเตรท a = 9.72436391358 b = 1.51813559035 c = -0.18033159313 d = 0.00959641908375	0.8214548
เติมออกซิเจน	$y = \frac{a + bx}{1 + cx + dx^2}$	x = ระยะเวลา (วัน) y = ค่าไนเตรท a = 5.19609651391 b = 1.8886874987 c = -0.188056632822 d = 0.0100831714236	0.7078794
หินพัมมิซ	$y = e^{a+\frac{b}{x}+c(Ln(x))}$	x = ระยะเวลา (วัน) y = ค่าไนเตรท a = 6.21065605882 b = -4.65630215104 c = -0.269578898028	0.6732019
ปะการัง	$y = \frac{a + bx}{1 + cx + dx^2}$	x = ระยะเวลา (วัน) y = ค่าไนเตรท	0.7078794

การบำบัด	สมการแนวโน้ม	รายละเอียด	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
		a = -19.6029157852 b = 30.7814765465 c = -0.0340034593323 d = 0.00558985773712	
เปลือกหอย	$y = \frac{a + bx}{1 + cx + dx^2}$	x = ระยะเวลา (วัน) y = ค่าไนเตรท a = 3.23384846524 b = 9.7266640318 c = -0.126068950514 d = 0.00789678751234	0.7394702



ภาพที่ 1.37 เส้นแนวโน้มของค่าไนเตรทจากการวิเคราะห์ของระบบบำบัดประเภทต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง

1.6 ผลการตรวจวัดค่า BOD5

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการตรวจวัดค่า BOD5 ต่อเนื่องเป็นเวลา 45 วัน ผลการตรวจวัดดัง **ผิดพลาด! ไม่พบแหล่งการอ้างอิง** จากผลการตรวจวัดพบว่าระบบที่ไม่มีการบำบัดใดๆ ให้ค่าปริมาณ BOD5 เฉลี่ยที่สูงที่สุด คือ 298.60 mg/L รองลงมาคือ ระบบบำบัดที่เติมออกซิเจน 297.25

mg/L ระบบบำบัดที่ใช้เปลือกหอย 98.72 mg/L ระบบบำบัดที่ใช้ปะการัง 96.96 mg/L และระบบบำบัดที่ใช้หินพัมมิซ 89.02 mg/L ซึ่งเป็นค่าในการบำบัด BOD5 ที่ดีที่สุดเนื่องจากเป็นการขจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้ดีที่สุด

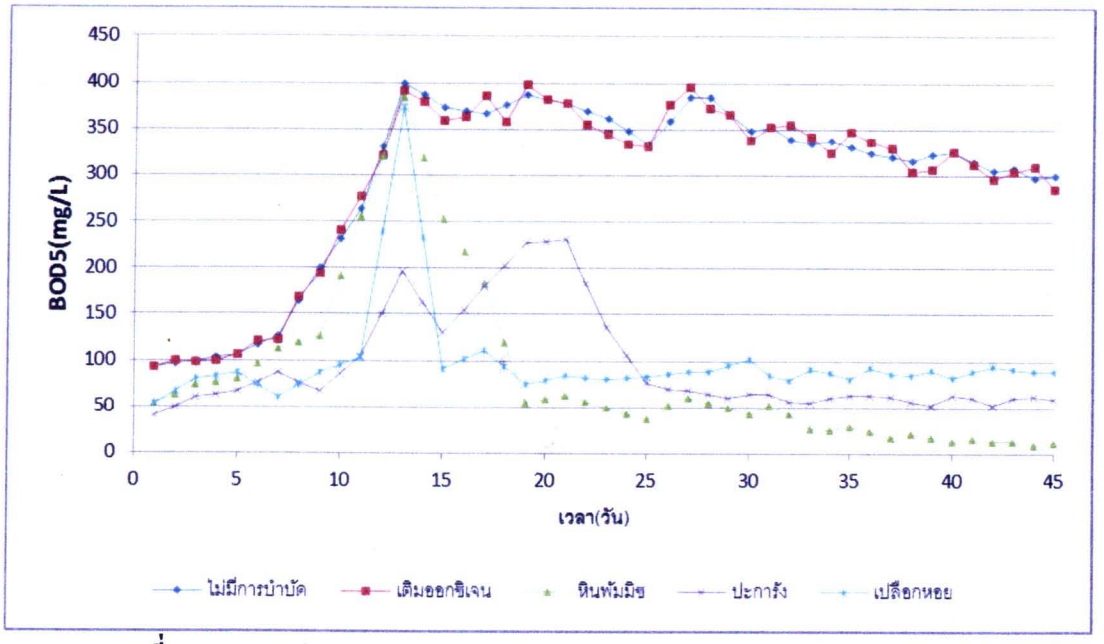
ตารางที่ 1.18 ผลการตรวจวัดค่า BOD5

วันที่	ไม่มีการบำบัด	เติมออกซิเจน	หินพัมมิซ	ปะการัง	เปลือกหอย
1	93	92	53	40	53
2	97	100	63	50	67
3	100	98	73	60	80
4	103	99	77	63	83
5	107	106	80	67	87
6	117	121	97	77	73
7	127	123	113	87	60
8	163	168	120	77	73
9	200	194	127	67	87
10	232	241	191	86	95
11	263	277	255	105	104
12	331	321	320	151	239
13	399	391	385	196	374
14	387	379	319	163	233
15	374	359	253	130	91
16	371	363	218	155	102
17	367	385	183	180	112
18	377	358	119	204	94
19	387	399	55	227	75
20	383	383	59	229	80
21	378	378	63	231	84
22	370	355	57	184	83
23	362	344	50	136	81

วันที่	ไม่มีการบำบัด	เติมออกซิเจน	หินพัมมิซ	ปะการัง	เปลือกหอย
24	348	334	44	107	82
25	334	331	37	77	83
26	359	377	52	70	86
27	384	396	60	68	88
28	384	372	55	65	88
29	366	366	50	60	95
30	348	338	43	65	102
31	353	353	52	64	85
32	338	355	43	56	79
33	335	342	27	55	92
34	338	324	26	60	88
35	331	347	29	63	81
36	324	337	24	62	93
37	320	330	18	62	86
38	316	304	21	57	85
39	322	306	18	52	89
40	325	325	13	63	81
41	315	312	17	60	89
42	305	296	13	53	94
43	307	304	14	61	91
44	298	310	10	62	88
45	300	285	12	60	89

ตารางที่ 1.19 ค่าต่ำสุด สูงสุด และค่าเฉลี่ยของผลการตรวจวัดค่า BOD5

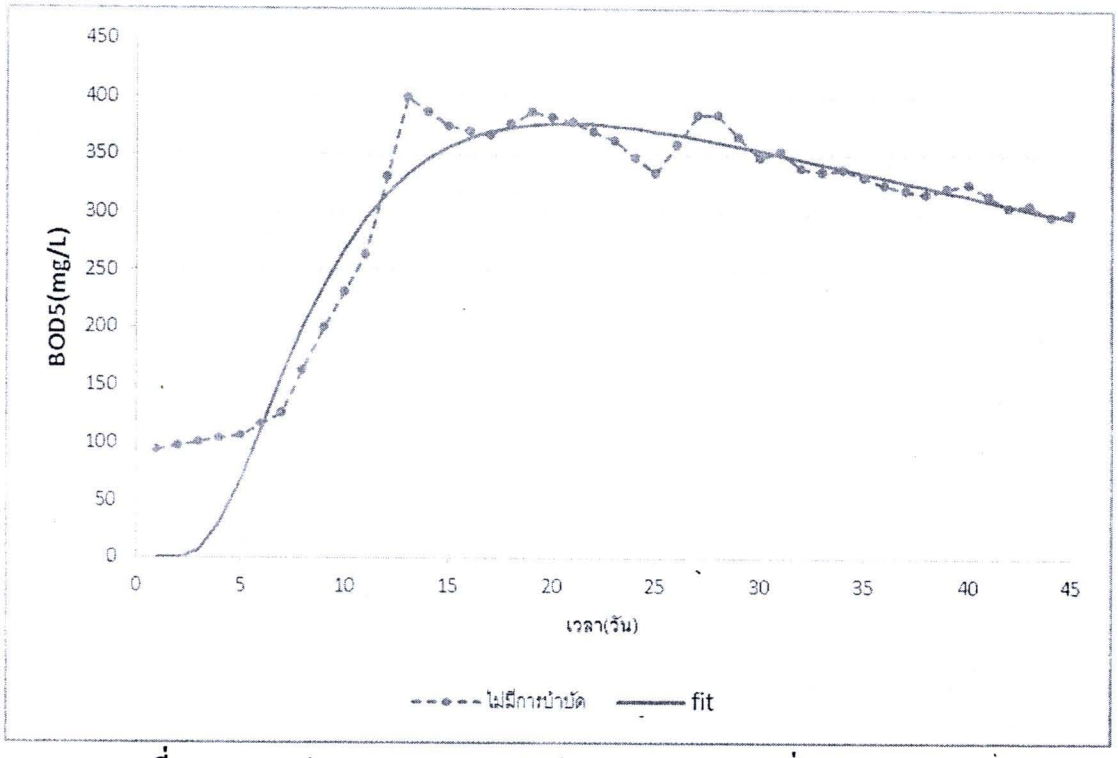
	ไม่มีการบำบัด	เติมออกซิเจน	หินพัมมิซ	ปะการัง	เปลือกหอย
ค่าต่ำสุด	93.33	92.40	9.73	40.00	53.33
ค่าสูงสุด	399.33	398.61	384.67	231.00	374.00
ค่าเฉลี่ย	298.60	297.25	89.02	96.96	98.72



ภาพที่ 1.38 กราฟแสดงผลการตรวจวัดค่า BOD5

จากผลการตรวจวัดค่า BOD5 เป็นเวลา 45 วัน เมื่อนำข้อมูลที่ตรวจวัดได้สร้างกราฟเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า BOD5 กับระยะเวลา ผลที่ได้ดังภาพด้านบน จากผลการวิเคราะห์พบว่า แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงของค่า BOD5 กับระยะเวลาไม่ไปเป็นไปในเชิงเส้นตรง ผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลผลการตรวจวัดค่า BOD5 ของแต่ละระบบบำบัดมาหาความสัมพันธ์โดยใช้สมการประเภทต่างทดลองหาเส้นแนวโน้มที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นตัวกำหนดว่าสมการใดมีความเหมาะสมในการสร้างเส้นแนวโน้มเพื่อทำนายที่สุด ผลการวิเคราะห์ที่ได้มีดังนี้

1.6.1 ค่า BOD5 ในระบบที่ไม่มีการบำบัด



ภาพที่ 1.39 กราฟแสดงผลการตรวจวัดค่า BOD5 ของระบบที่ไม่มีการบำบัด

จากการวิเคราะห์โดยใช้รูปแบบเชิงเส้น และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่าสมการที่เหมาะสมที่สุดคือ Vapor Pressure Model ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.9361814 เส้นแนวโน้มของสมการดังภาพที่ 1.39 รายดังละเอียดของสมการมีดังนี้

$$y = e^{a+\frac{b}{x}+c(Ln(x))}$$

x = ระยะเวลา (วัน)

y = ค่า BOD5

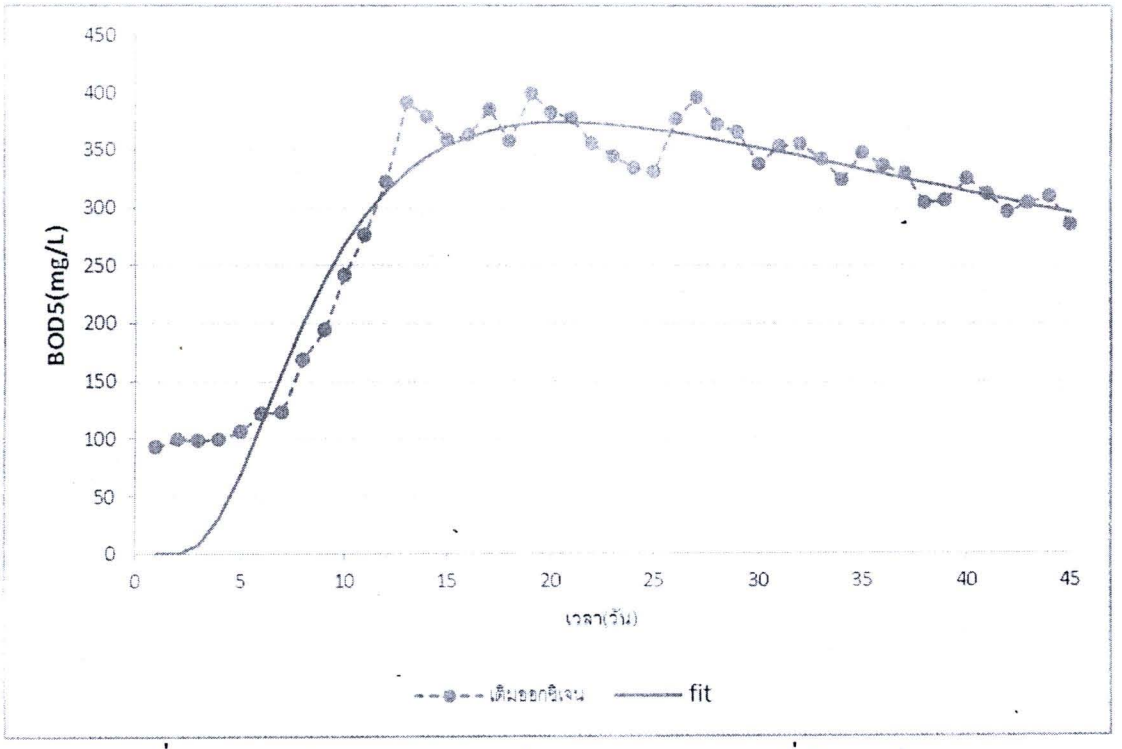
a = 9.99721559566

b = -20.7747778054

c = -1.01015218079

จากสมการแนวโน้มที่สร้างขึ้นพบว่าหลังจากเริ่มต้นการทดลอง ค่าปริมาณ BOD5 ของระบบที่ไม่มีการบำบัด จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งขึ้นสู่จุดสูงสุดในวันที่ 20 จากนั้นจึงคงตัวแต่ยังลดลงอย่างต่อเนื่องช้าๆ จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง

1.6.2 ค่า BOD5 ในระบบที่เติมออกซิเจน



ภาพที่ 1.40 กราฟแสดงผลการตรวจวัดค่า BOD5 ของระบบที่เติมออกซิเจน

จากการวิเคราะห์โดยใช้รูปแบบเชิงเส้น และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่าสมการที่เหมาะสมที่สุดคือ Vapor Pressure Model ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.9341548 เส้นแนวโน้มของสมการดังกล่าวแสดงดังภาพที่ 1.40 รายดังละเอียดของสมการมีดังนี้

$$y = e^{a+\frac{b}{x}+c(Ln(x))}$$

x = ระยะเวลา (วัน)

y = ค่า BOD5

a = 9.89933026755

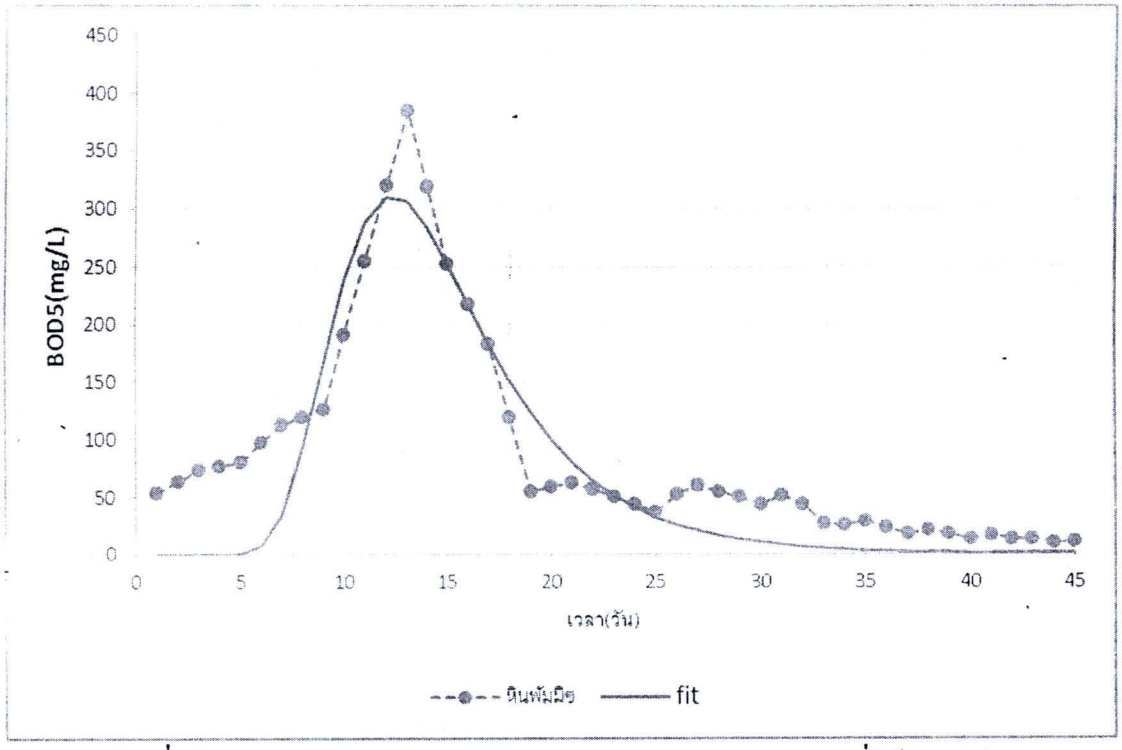
b = -20.372403258

c = -0.986712390374

จากสมการแนวโน้มที่สร้างขึ้นพบว่าหลังจากเริ่มต้นการทดลอง ค่าปริมาณ BOD5 ของระบบที่เติมออกซิเจน จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งขึ้นสู่จุดสูงสุดใน

วันที่ 20 จากนั้นจึงคงตัวแต่ยังลดลงอย่างต่อเนื่องช้าๆ จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลองลักษณะของข้อมูลต่างๆ มีความคล้ายคลึงกับระบบที่ไม่มีการบำบัดใดๆ อย่างมีนัยสำคัญ

1.6.3 ค่า BOD5 ในระบบที่ใช้หินพัมมิซบำบัด



ภาพที่ 1.41 กราฟแสดงผลการตรวจวัดค่า BOD5 ของระบบบำบัดที่ใช้หินพัมมิซ

จากการวิเคราะห์โดยใช้รูปแบบเชิงเส้น และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่าสมการที่เหมาะสมที่สุดคือ Vapor Pressure Model ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.8976581 เส้นแนวโน้มของสมการดังกล่าวแสดงดังภาพที่ 1.41 รายดังละเอียดของสมการมีดังนี้

$$y = e^{a+\frac{b}{x}+c(Ln(x))}$$

x = ระยะเวลา (วัน)

y = ค่า BOD5

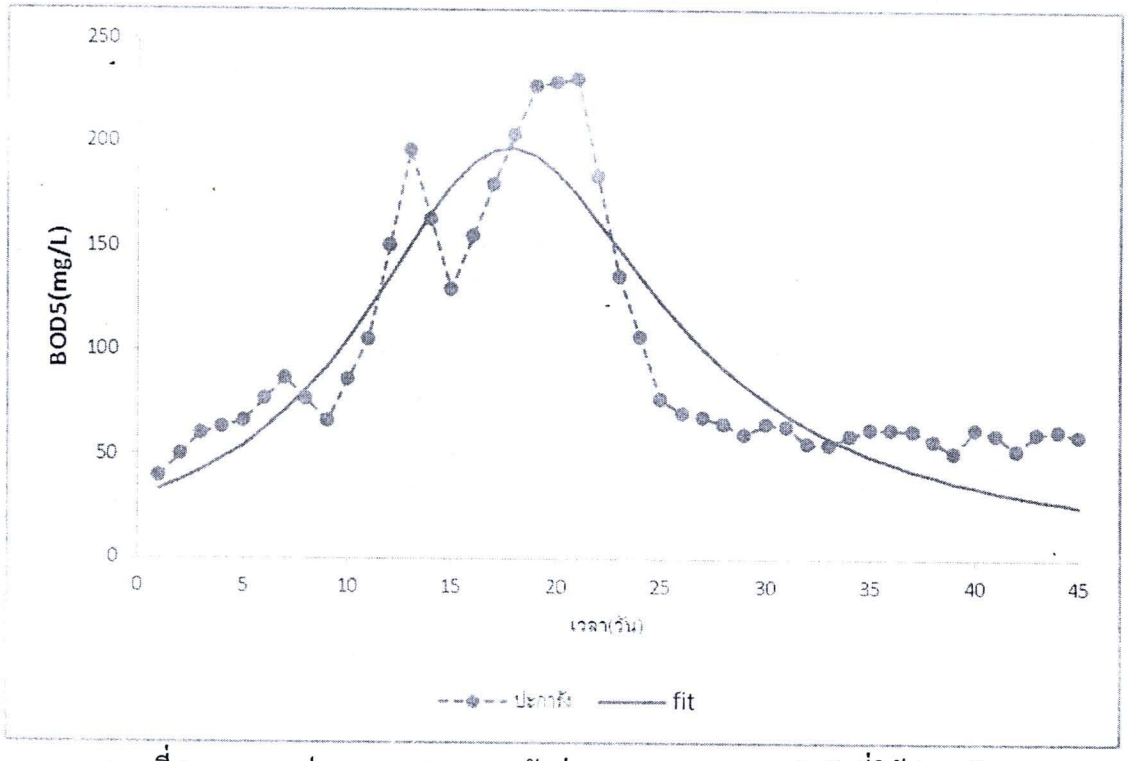
a = 45.2173787445

b = -138.478544543

c = -11.2449091403

จากสมการแนวโน้มที่สร้างขึ้นพบว่าหลังจากเริ่มต้นการทดลอง ค่าปริมาณ BOD5 ของระบบบำบัดที่ใช้หินพัมมิซในการบำบัด จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งขึ้นสู่จุดสูงสุดในวันที่ 10-15 จากนั้นจึงลดลงอย่างต่อเนื่องเรื่อยๆ จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง

1.6.4 ค่า BOD5 ในระบบที่ใช้ปะการังบำบัด



ภาพที่ 1.42 กราฟแสดงผลการตรวจวัดค่า BOD5 ของระบบบำบัดที่ใช้ปะการัง

จากการวิเคราะห์โดยใช้รูปแบบเชิงเส้น และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่าสมการที่เหมาะสมที่สุดคือ Rational Function ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.8870101 เส้นแนวโน้มของสมการดังกล่าวแสดงดังภาพที่ 1.42 รายดังละเอียดของสมการมีดังนี้

$$y = \frac{a + bx}{1 + cx + dx^2}$$

x = ระยะเวลา (วัน)

y = ค่า BOD5

a = 29.84200051

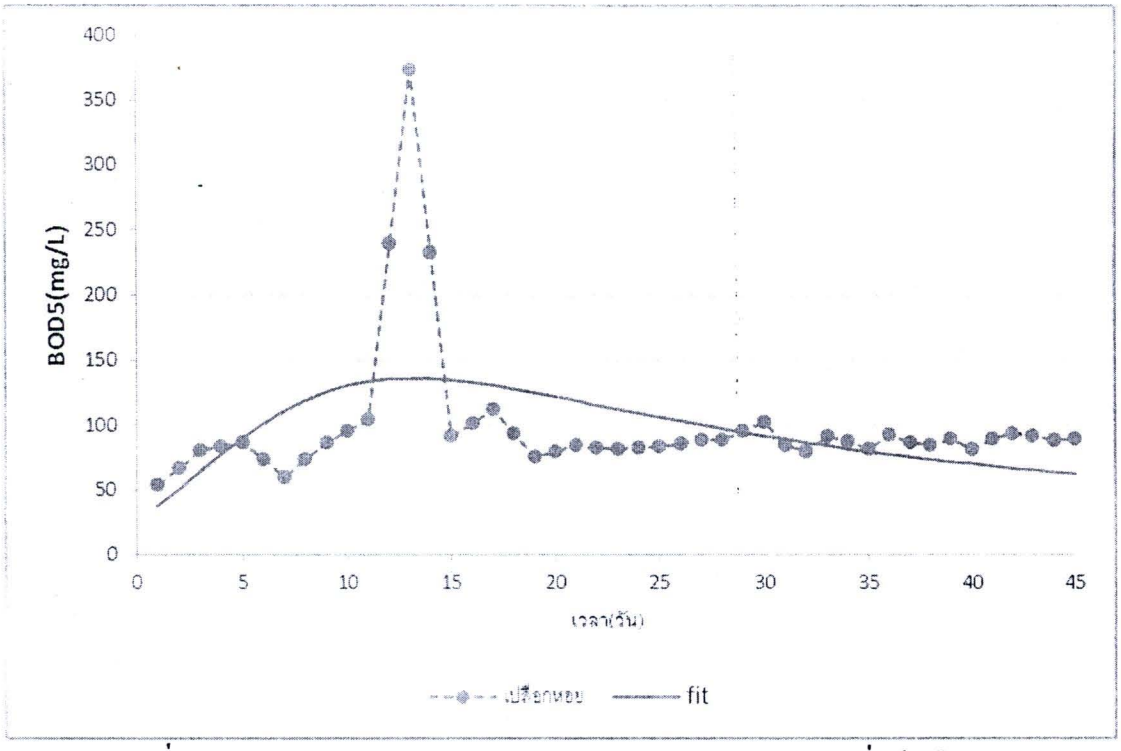
b = 0.685702099

c = -0.09228504

d = 0.002700531

จากสมการแนวโน้มที่สร้างขึ้นพบว่าหลังจากเริ่มต้นการทดลอง ค่าปริมาณ BOD5 ของระบบบำบัดที่ใช้ปะการังในการบำบัด จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งขึ้นสู่จุดสูงสุดในวันที่ 15-20 จากนั้นจึงลดลงอย่างต่อเนื่องเรื่อยๆ จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง

1.6.5 ค่า BOD5 ในระบบที่ใช้เปลือกหอยบำบัด



ภาพที่ 1.43 กราฟแสดงผลการตรวจวัดค่า BOD5 ของระบบบำบัดที่ใช้เปลือกหอย

จากการวิเคราะห์โดยใช้รูปแบบเชิงเส้น และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่าสมการที่เหมาะสมที่สุดคือ Rational Function ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.4086322 เส้นแนวโน้มของสมการดังกล่าวแสดงดังภาพที่ 1.43 รายดังละเอียดของสมการมีดังนี้

$$y = \frac{a + bx}{1 + cx + dx^2}$$

x = ระยะเวลา (วัน)

y = ค่า BOD5

a = 24.03555975

b = 11.90047009

c = -0.038660384

d = 0.004805785

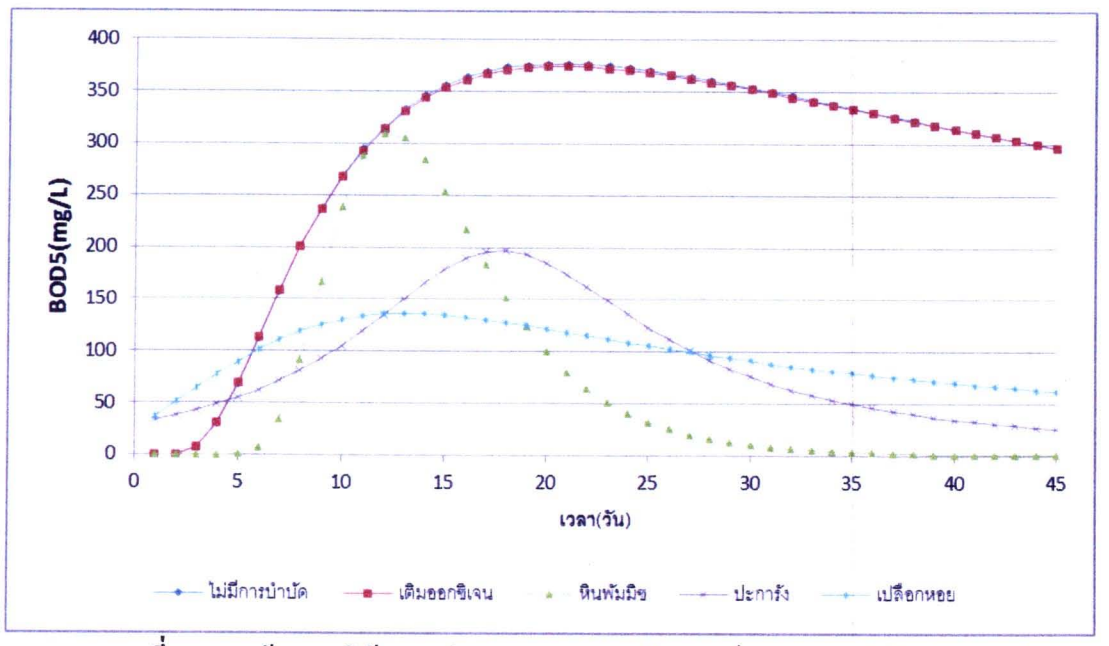
จากสมการแนวโน้มที่สร้างขึ้นพบว่าหลังจากเริ่มต้นการทดลอง ค่าปริมาณไนเตรทของระบบบำบัดที่ใช้เปลือกหอยในการบำบัด จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งขึ้นสู่จุดสูงสุดในวันที่ 10-15 จากนั้นจึงคงตัวแต่ยังลดลงอย่างต่อเนื่องช้าๆ จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง

1.6.6 การวิเคราะห์ข้อมูลผลการตรวจวัดค่า BOD5

ตารางที่ 1.20 การวิเคราะห์ข้อมูลผลการตรวจวัดค่า BOD5

การบำบัด	สมการแนวโน้ม	รายละเอียด	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
ไม่มีการบำบัด	$y = e^{a+\frac{b}{x}+c(Ln(x))}$	x = ระยะเวลา (วัน) y = ค่า BOD5 a = 9.99721559566 b = -20.7747778054 c = -1.01015218079	0.9361814
เติมออกซิเจน	$y = e^{a+\frac{b}{x}+c(Ln(x))}$	x = ระยะเวลา (วัน) y = ค่า BOD5 a = 9.89933026755 b = -20.372403258 c = -0.986712390374	0.9341548
หินพัมมิซ	$y = e^{a+\frac{b}{x}+c(Ln(x))}$	x = ระยะเวลา (วัน) y = ค่า BOD5 a = 45.2173787445 b = -138.478544543 c = -11.2449091403	0.8976581
ปะการัง	$y = \frac{a+bx}{1+cx+dx^2}$	x = ระยะเวลา (วัน) y = ค่า BOD5	0.8870101

การบำบัด	สมการแนวโน้ม	รายละเอียด	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
		a = 29.84200051 b = 0.685702099 c = -0.09228504 d = 0.002700531	
เปลือกหอย	$y = \frac{a + bx}{1 + cx + dx^2}$	x = ระยะเวลา (วัน) y = ค่า BOD5 a = 24.03555975 b = 11.90047009 c = -0.038660384 d = 0.004805785	0.4086322



ภาพที่ 1.44 เส้นแนวโน้มของค่า BOD5 จากการวิเคราะห์ของระบบบำบัดประเภทต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง

1.7 สมบัติทางกายภาพของหินพัมมิซ

ตารางที่ 1.21 ขนาดของ BET พื้นที่ผิว avg. pore diameter

ขนาดของหิน	**พื้นที่ผิว** m^2/g	avg. pore diameter
ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 1 ซม.	10.35955	138.8645
ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 8 มม.	17.5038	120.8583
ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 6 มม.	21.16822	106.9699