

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การหาความเหมาะสมของระบบเอเอส เพื่อกำจัดไนโตรเจน เป็นการทำการจำลองระบบโดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาราคาที่ต่ำที่สุดของระบบ โดยการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการดำเนินการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ การดำเนินการศึกษานี้ใช้โปรแกรม วิซวลเบสิก 6 (Microsoft Visual Basic 6) เนื่องจากมีฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ที่พอเพียง และสามารถออกแบบโปรแกรมเพื่อสามารถติดต่อกับผู้ใช้งานได้สะดวก

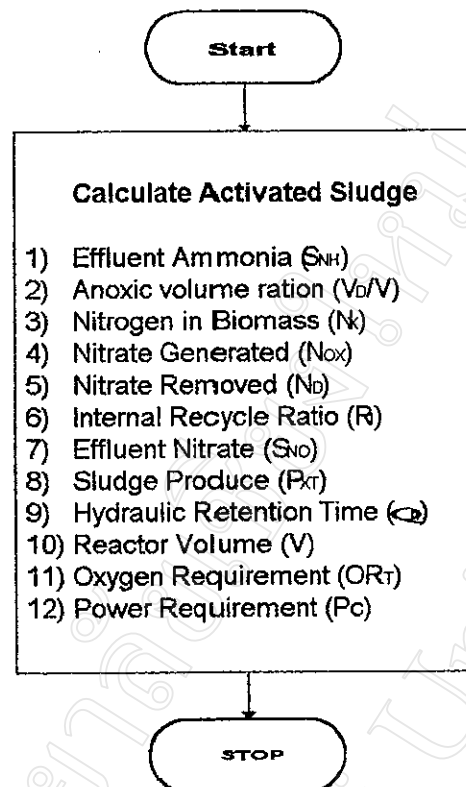
องค์ประกอบในการดำเนินการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ได้แยกการดำเนินการออกเป็น 3 ส่วนหลักได้แก่

3.1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบเอเอสแบบตะกอนเดี่ยวเพื่อกำจัดไนโตรเจน

ส่วนประกอบในการดำเนินการประกอบด้วย แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบเอเอส แบบตะกอนเดี่ยว ซึ่งประกอบด้วย ถังปฏิกิริยาแอนนอคติก ถังปฏิกิริยาเติมอากาศ และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของถังตกตะกอนโดยใช้ทฤษฎี ฟลักส์ ในการออกแบบ ส่วนประกอบอื่นอันได้แก่ ระบบเครื่องจักรกลเติมอากาศ เครื่องสูบลมวนเวียนตะกอน และระบบกำจัดตะกอนพิจารณาเป็นส่วนประกอบหนึ่งในการประเมินราคา

3.1.1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบเอเอส แบบตะกอนเดี่ยว

การคำนวณกระบวนการแสดงผังแผนภูมิสาขางานในรูปที่ 18 โดยมีการใช้ข้อมูลในการคำนวณ ประกอบด้วย อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าสู่ระบบ ข้อมูลลักษณะของน้ำเสีย และค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆ ลักษณะของน้ำเสียชุมชนที่ใช้ในการดำเนินการแบบจำลองมีช่วงค่าแสดงในตารางที่ 7 ค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการดำเนินการแบบจำลองแสดงในตารางที่ 8 และ ใช้ค่าตัวแปรที่ใช้สำหรับเครื่องจักรกลเติมอากาศในตารางที่ 9



รูปที่ 18 แผนภูมิสาขางานของการคำนวณกระบวนการแบบจำลองของระบบแอสแบบตะกอนเดี่ยว

ตารางที่ 7 ลักษณะของน้ำเสียชุมชนที่ใช้ในการดำเนินการแบบจำลอง

ส่วนประกอบของน้ำเสีย	ช่วงค่า	หน่วย
ชีโอดีรวม (C_T)	100	ร้อยละ
สารที่ย่อยสลายได้ (C_s)	75-80	ร้อยละ
สารละลายพร้อมใช้สำหรับจุลชีพ (S_g)	15-30	ร้อยละ
สารละลายเชื้อย (S_p)	5-20	ร้อยละ
อนุภาคเชื้อย (X_p)	10-20	ร้อยละ
สารอินทรีย์ไนโตรเจน (C_{ND})	10-170	มก.ไนโตรเจน/ล
สารละลายแอมโมเนีย (S_{NH})	10-170	มก.ไนโตรเจน/ล
สารละลายไนเตรท (S_{NO})	0-1.0	มก.ไนโตรเจน/ล

ตารางที่ 8 ค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการดำเนินการแบบจำลองระบบเอเอส แบบ ตะกอนเดี่ยว

สัมประสิทธิ์สโตยิโอมेटริก			สัมประสิทธิ์จลนศาสตร์		
Y_A	0.07-0.28	g Cell COD / g N	η	0.8	-
Y_H	0.3-0.69	g Cell COD / g N	α_d	0.1	-
f_{EX}	0.20	-	μ_A	0.50	-
i_{XB}	0.086	-	K_{NH}	1.00	g Cell COD / cu.m
i_{XB}	0.06	-	b_H	0.20-3.0	1/d
			b_A	0.03-0.15	1/d

ที่มา : Orhon and Artan (1994)

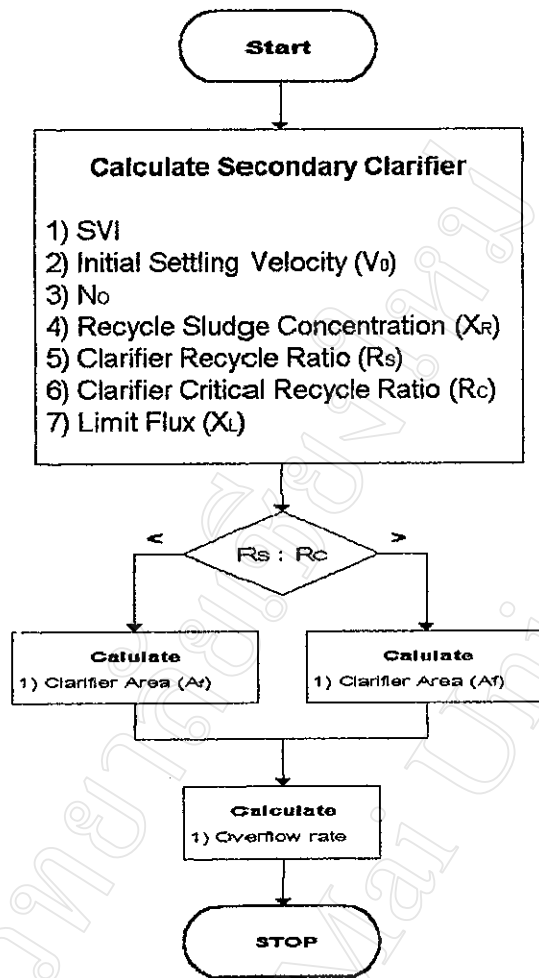
ตารางที่ 9 ค่าของตัวแปรต่างๆ ที่ใช้สำหรับแบบจำลองเครื่องกลเติมอากาศ

ตัวแปร	ค่า	หน่วย
C_L	2.0	mg O_2 / l
$C_{W \text{ altitude}}$	9.905	mg O_2 / l
C_{S20}	8.92	mg O_2 / l
N_0	1.8	kg O_2 / kW-hr
α	0.85	-
β	0.9	-

ที่มา : Metcalf and Eddy (1991)

3.1.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของถังตกตะกอนขั้นที่สอง

การดำเนินการกระบวนการแสดงตามแผนภูมิสาขงาน รูปที่ 19 การดำเนินการใช้ชุดสมการในการออกแบบถังตกตะกอน ค่าเอสวีไอ สมการความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการตกตะกอนกับค่าเอสวีไอ และสมการความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มข้นของตะกอนหมุนเวียนกับค่าเอสวีไอ และเนื่องจากความสัมพันธ์ต่างๆเกี่ยวข้องกับอายุตะกอน ดังนั้นการดำเนินการแบบจำลองของถังตกตะกอน จึงมีความสัมพันธ์กับค่าอายุตะกอน



รูปที่ 19 แผนภูมิสาขางานของการดำเนินการกระบวนการแบบจำลองของถังตกตะกอนขั้นสุดท้าย

3.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของส่วนประมาณราคาของระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อกำจัดไนโตรเจน

การดำเนินการส่วนของการประมาณราคา แยกออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่

3.2.1 การประมาณราคาต้นทุนในการก่อสร้าง

การดำเนินการประมาณราคาจะประกอบไปด้วย ระบบเอเอสแบบตะกอนเดี่ยว ระบบเครื่องจักรกลเติมอากาศ ถังตกตะกอน ระบบเครื่องสูบน้ำวนเวียนตะกอน และระบบกำจัดตะกอน

3.2.2 การประมาณราคาค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ และ บำรุงรักษา

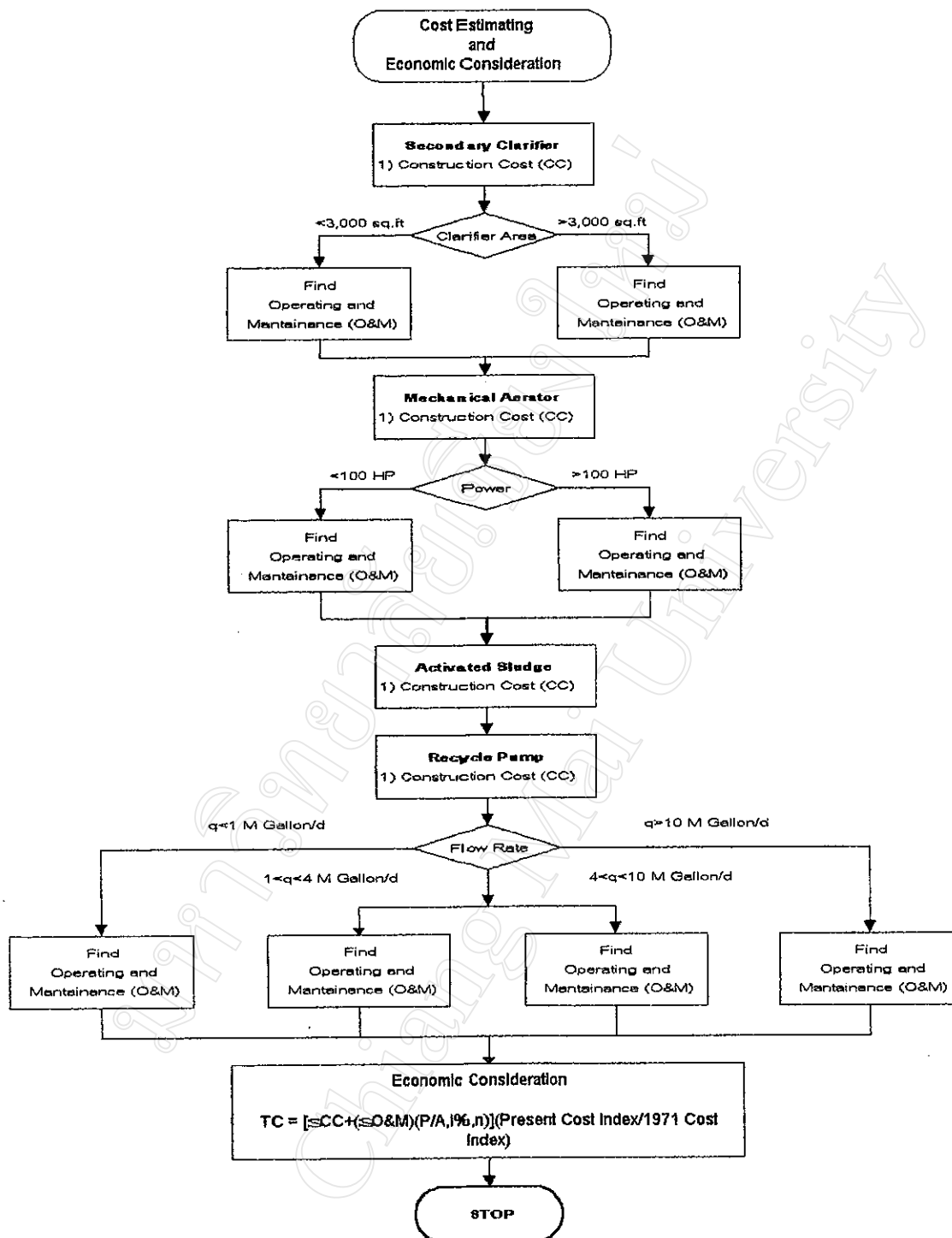
การดำเนินการประมาณราคาจะประกอบไปด้วย ระบบเครื่องจักรกลเติมอากาศ ถังตกตะกอน ระบบเครื่องสูบลมวนเวียนตะกอน และระบบกำจัดตะกอน

3.2.3 การพิจารณาทางด้านเศรษฐศาสตร์

การดำเนินการจะทำการปรับราคาค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาซึ่งมีค่าใช้จ่ายคงที่ตลอดอายุของโครงการให้เป็นราคาของปีที่ทำการพัฒนาสมการราคา โดยไม่ทำการปรับราคาของค่าใช้จ่ายในการลงทุน เนื่องจากมีการลงทุนเพียงครั้งเดียว หลังจากนั้นจึงทำการปรับราคาค่าใช้จ่ายทั้งหมดของทั้งโครงการให้เป็นราคาของปีที่ต้องการพิจารณาโดยใช้ดัชนีราคา (Cost index) ในการดำเนินการใช้ข้อมูลในการดำเนินการประมาณราคา และ วิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์แสดงในตารางที่ 10 และสามารถแสดง การดำเนินกระบวนการแสดงตามแผนภูมิสายงานรูปที่ 20

ตารางที่ 10 ข้อมูลในการดำเนินการประมาณราคา และ วิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

ตัวแปร	ค่า	หน่วย
ค่าแรงในการดำเนินการ (W_{op})	5.6	เหรียญสหรัฐ/ชั่วโมง
ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา (W_{ma})	5.0	เหรียญสหรัฐ/ชั่วโมง
อัตราค่าไฟฟ้า (P_e)	0.012	เซ็นต์/ชั่วโมง
ดอกเบี้ย (i)	10	เปอร์เซ็นต์
อายุโครงการ (n)	30	ปี
ดัชนีราคาที่น่ามาเปรียบเทียบ	550	-
ดัชนีราคาปี 1971	150.6	-



รูปที่ 20 แผนภูมิสายงานของการดำเนินกระบวนการแบบจำลองของกระบวนการประมาณราคา
และวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

3.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาความเหมาะสมของระบบเอเอสแบบตะกอนเดี่ยวเพื่อกำจัดไนโตรเจน

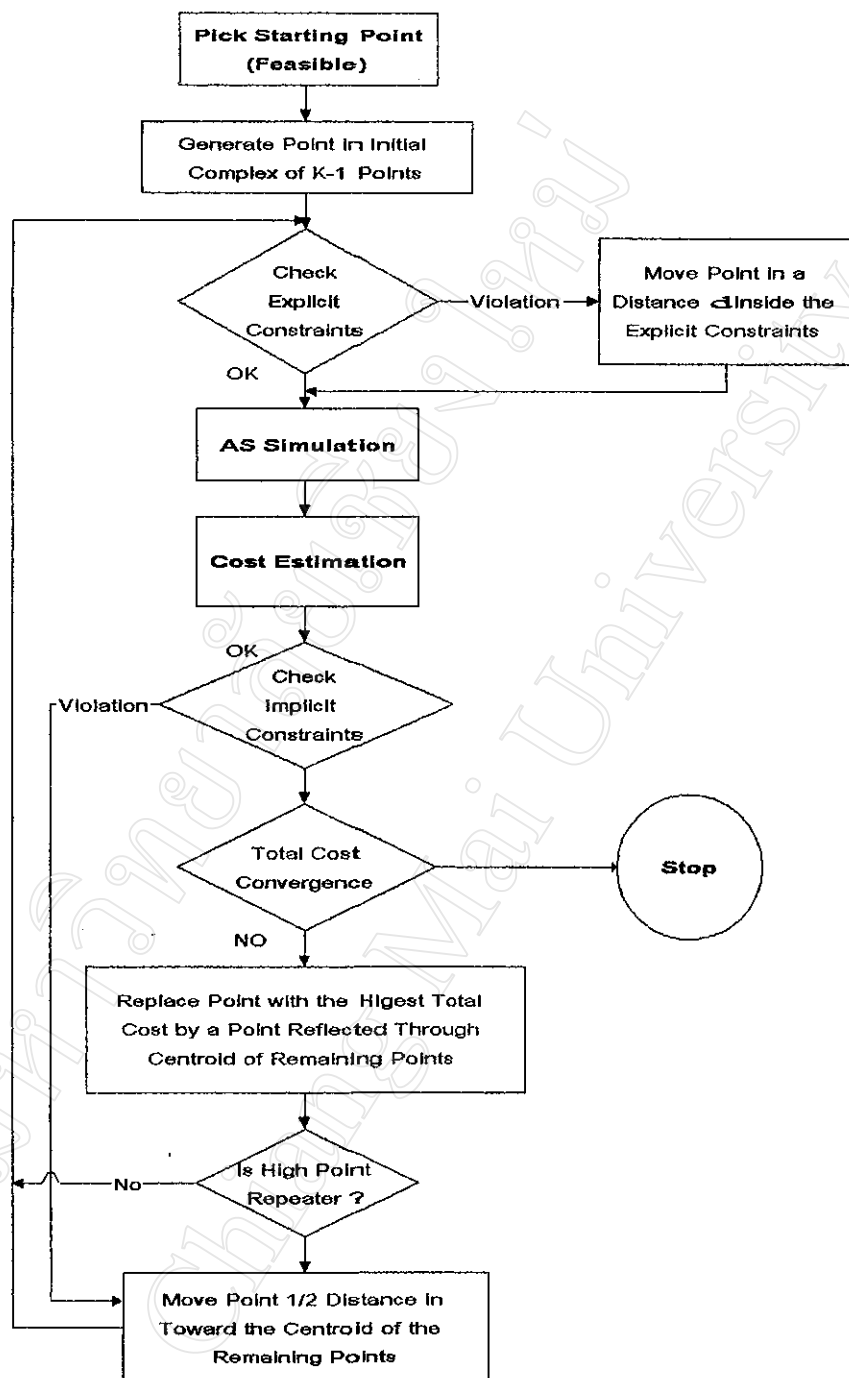
การดำเนินการหาความเหมาะสม กระบวนการจะทำการหาราคารวมของระบบที่ต่ำที่สุดภายใต้สถานะต่างๆ ระบบที่นำมาพิจารณาหาความเหมาะสมได้แก่ ถึงปฏิกิริยาแอนนอคติก ถึงปฏิกิริยาเคมีอากาศ และ ถึงตกตะกอนขั้นที่สอง กระบวนการประกอบด้วย ตัวแปรชัดเจน 3 ตัวแปรได้แก่ อายุตะกอน(θ_x) อายุตะกอนอโททรอปิก(θ_{XA}) และความเข้มข้นของสารแขวนลอยรวม (X_T) และประกอบด้วยตัวแปรโดยปริยายได้แก่ สัดส่วนปริมาตรถึงปฏิกิริยาแอนนอคติก (V_D/V) สัดส่วนการหมุนเวียนตะกอนภายใน (R_T) ค่าเอสวีไอ (SVI) อัตราการไหลกลับของถึงตกตะกอน (Overflow Rate) ความเข้มข้นไนเตรทออกจากระบบ (S_{NO}) และประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจนของระบบ (E_D) โดยมีรูปแบบการดำเนินการหาความเหมาะสมแสดงในแผนภูมิสาขางานรูปที่ 21 และใช้ข้อมูลในการหาความเหมาะสมในตารางที่ 11 โดยขอบเขตของตัวแปรแสดงในตารางที่ 12

ตาราง 11 ข้อมูลตัวแปรที่ใช้ในการหาความเหมาะสมโดยกระบวนการคอมเพล็กซ์

ตัวแปร	ค่า	หน่วย
N	3	-
K	6	-
δ	0.0001	-
α	1.3	-
Convergence(β)	10	-
Max Iteration	300	รอบการคำนวณ

ตารางที่ 12 ขอบเขตของตัวแปรต่างๆในการดำเนินการหาความเหมาะสม

ตัวแปร	ขอบเขต	หน่วย
ตัวแปรหลักแข็ง		
อายุตะกอน (θ_x)	$1.25\theta_{XA}^m - 30$	วัน
อายุตะกอนออกโททรอปิค (θ_{XA})	$1.25\theta_{XA}^m - 2.0\theta_{XA}^m$	วัน
ตะกอนแขวนลอย (X_T)	1,000 – 5,000	มก./ล
ตัวแปรโดยปริยาย		
สัดส่วนถังแอนนอคติก (V_D/V)	0.01 – 0.5	-
สัดส่วนการหมุนเวียนตะกอนภายใน (R_T)	≤ 5	-
เอสวีไอ (SVI)	65 – 150	มล./ก
อัตราการไหลสั้น (HLR)	20 – 50	ลบ.ม/ตร.ม -วัน
ไนเตรทที่ออกจากระบบ (S_{NO})	≤ 20	มก./ล
ประสิทธิภาพของระบบ(E_D)	60 – 80	ร้อยละ



รูปที่ 21 แผนภูมิสาขางานของการดำเนินกระบวนการเพื่อหาความเหมาะสมของระบบเอเอส

3.4 การดำเนินการหาความเหมาะสมของระบบเอเอสแบบตะกอนเดี่ยวเพื่อกำจัดไนโตรเจน

การดำเนินการหาความเหมาะสมของระบบเอเอสแบบตะกอนเดี่ยวสำหรับน้ำเสียชุมชน มีการแยกการดำเนินการแยกออกเป็น 5 ส่วนประกอบด้วย

3.4.1 การหาความเหมาะสมโดยเปลี่ยนแปลงซีโอดี โดยให้ ทีเคเอ็น(TKN) คงที่

การดำเนินการได้ทำการเปลี่ยนแปลงซีโอดีโดยอยู่ในช่วง 300 ถึง 1,000 มก./ล ที่อัตราการไหล 20,000 ลบ.ม/วัน มีลักษณะน้ำเสียอยู่ในขอบเขตตามตารางที่ 7 โดยทีเคเอ็นมีค่าคงที่เท่ากับ 50 มก./ล โดยตัวแปรต่างๆอยู่ในขอบเขตแสดงในตารางที่ 12

3.4.2 การหาความเหมาะสมโดยให้ซีโอดีคงที่ และเปลี่ยนแปลง ทีเคเอ็น

การดำเนินการทำที่ซีโอดีคงที่มีค่า 500 มก./ล ที่อัตราการไหล 20,000 ลบ.ม/วัน มีลักษณะน้ำเสียอยู่ในขอบเขตตามตารางที่ 7 และเปลี่ยนแปลงค่าทีเคเอ็นให้อยู่ในช่วง 20 ถึง 55 มก./ล โดยตัวแปรต่างๆอยู่ในขอบเขตแสดงในตารางที่ 12

3.4.3 การหาความเหมาะสมโดยเปลี่ยนแปลงซีโอดี โดยซีโอดี/ทีเคเอ็นคงที่

การดำเนินการทำที่สัดส่วน ซีโอดี/ทีเคเอ็นคงที่มีค่า 8.0 ที่อัตราการไหล 20,000 ลบ.ม/วัน และทำการเปลี่ยนแปลงซีโอดีโดยอยู่ในช่วง 300 ถึง 1,000 มก./ล มีลักษณะน้ำเสียอยู่ในขอบเขตตามตารางที่ 7 โดยค่าตัวแปรต่างๆอยู่ในขอบเขตแสดงในตารางที่ 12

3.4.4 การหาความเหมาะสมโดยเปลี่ยนแปลงซีโอดี และเปลี่ยนแปลง ซีโอดี/ทีเคเอ็น

การดำเนินการทำที่สัดส่วน ซีโอดี/ทีเคเอ็น อยู่ในช่วง 4.0 ถึง 18.0 ที่อัตราการไหล 20,000 ลบ.ม/วัน และทำการเปลี่ยนแปลงซีโอดีโดยอยู่ในช่วง 300 ถึง 1,000 มก./ล มีลักษณะน้ำเสียอยู่ในขอบเขตตามตารางที่ 7 โดยค่าตัวแปรต่างๆอยู่ในขอบเขตแสดงในตารางที่ 12

3.4.5 การหาความเหมาะสมโดยเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์สตอยชิโอเมตริก และสัมประสิทธิ์จลนศาสตร์

การดำเนินการได้ทำที่อัตราการไหล 20,000 ลบ.ม/วัน มีการเปลี่ยนแปลงช่วงค่าสัมประสิทธิ์ สตอยชิโอเมตริกและสัมประสิทธิ์ทางจลนศาสตร์ มีขอบเขตอยู่ในตารางที่ 8 โดยใช้ลักษณะของน้ำเสียอยู่ในขอบเขตในตารางที่ 7 ที่ซีโอดี 500 มก./ล