บรรณานุกรม

1. McInerney, M.J., et. al., Metabolic Stages and Energetic of Microbial Anaerobic Digestion :. Proc. 1st Symp on Anaerobic Digestion, cardiff, Wales, (1979) : 91-98

2. Jeris, J.S. and McCarty, P.L., The Biolchemistry of Methane Fermentation Using C^{14} Traces. J.WPCF, vol.37, No.2, (1962) 178 - 192

3. thimann, K.V. The Life of Bacteria. The McMillan Co., New York., (1963) : 167-178

4. Kirsh, E.J., Studies on the Enumeration and Isolation of obligate Anaerobic bacteria from digesting Sewage Sludge. developments in Industrial Microbiology,Vol. 10, (1969) : 170-176

5. Kroeker, E.J., et. al., Anaerobic Process Stability. J.WPCF Vol. 51, No.4, (1979) : 718 - 726

6. Toerien, D.F. and Hattingh, W.H.J., Anaerobic Digestion -I- The Microbiology of Anaerobic Digestion. Water Res., Vol.3, (1969) : 385 - 416

7. McCarty, P.L., One hundred years of Anaerobic Treatment. Proc. 2nd Symp. on AnaerobicDigestion, Elsevier biomedical Press, New York (1982) : 3-22

8. Balch, W.E.,et. al., Mehtanogens: Re-evaluation of a Unique Biological Group Microbiological Reviews, Vol.3, No.2, (1979).

9. Caulter, J.B., soneda, S. and Ettinger, M.B. Anaerobic Contact Process for Sewage disposal. J. WPCF,Vol.29, No.4 (1957) : 468-477

10. McCarty, P.L., Anaerobic Waste Treatment Fundamentals :Part Two.Public Works, October(1964) : 123-126

11. Kotze, J.P., et. al., A Biological-Chemical study of several Anaerobic Digestion. Water Res., Vol.2,(1968) : 195-221

12. Kotze, J.P., et. al., Anaerobic Digestion - II - The Charec teristic and Control of Anaerobic Digestion. Water Res., Vol.3, (1969) : 459-494

13. Pfeffer, J.T., er. al., Population Dynamics in Anaerobic Digestion. J. WPCF, Vol.39, No.8, (1967) 2120 - 2129

14. McCarty, P.L., Anaerobic Waste Treatment Fundamentals: Part four. Public Works, December (1964) : 95-99

15. Alebertson, O.E., Ammonia Nitrogen and the Anaerobic Environment. J. WPCF, Vol.33, No.9,(1961) : 978-995

16. Pohland, R.A. and Anderson, B.D., Successful Storage Lagoon Order Control. J.WPCF, vol.52, No.8, (1980) : 2257-2269

17. Mitchell, R., Introduction to Environmental Microbiology. Enylewood Cliffs, NJ : Prentice Hall, Inc. (1974)

18. McCarty, P.L. and McKinney, R.E. Volatile acid Toxicity in Anaerobic digestion. J.WPCF, Vol.33, No.3, (1965) : 223 - 232

19. Speece, R.E. and McCarty, P.L., Notrients Requirements and Bilolgical Solids Accumulation in Anaerobic Digestion. Advances in Water Pollution Research, Vol.2, Pergamon Press, London, (1964) : 305

20. Sanders, F.A. and Bloodgood, D.E., The Effect of Nitrogen to Carbon Ratio on Anaerobic Decomposition. J.WPCF, Vol.37, No.12, (1965) : 1741-1752

21. McCarty, P.L., Anaerobic Waste Treatment fundamentals : Part One. Public Works, September (1964) : 107-112

22. สุรพล สายพานิช. ขบวนการคอนแทกท์สเตลิไลเซชันแบบแอนแอโรบิคที่มีตัวกลางอยู่กับที่. โครงการวิจัย เลขที่ 18 G-SA 2525 งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2524 สถาบันวิจัยและพัฒนาของคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2527.

23. Stander, G.J., Water Pollution Research : A key to Waste-water Management. J. WPCF, Vol.38,No.16, (1966) : 774-780

24. Schroepfer, J.J., et. al., The Anaerobic Contact Process as applied to Packinghouse Wastes.Sewage and Industrial Wastes, Vol.27, No.4, (1955) : 460-486

25. Young, J.C. : and McCarty, P.L., The Anaerobic Filter for Waste Treatment. J. WPCF, Vol.41, No.5, (1969) : R160-R173

26. พิพัฒน์ ชื่นชมชาติ. การนำเครื่องกรองไร้ออกซิเจน ที่มีตัวกลางครึ่งถังและเต็มถังมาประยุกต์ใช้กับน้ำเสียที่มีความเข้มข้นต่ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2529.

27. Jewell, W.J., Biological Production of Methane from Organic Waste. UK. Patent Application GB 059 938 A, 1980

28. Lettinga, G. and Vinken, J.N., fesibility of the Upflow Anaerobic Sludge Balnker (UASB) Process for the treatment of Low Strength Wastev. Proc. 35th Ind. Wastes Conf., Purdue Univ., (1980) : 625 - 634

29. Ghosh,S., Conrad, J.R.and Klass, D.L.Anaerobic Acidogenesis of Wastewater Sludge J. WPCF, Vol.47, No.1, (1975) : 30 - 45

30. Tait, S.J. and friedman, A.A., Anaerobic Rotating Biological Contactor for Carbonaceous Waste-waters.J.WPCF, Vol.52, No.8, (1980) : 2257-2269

31. Torpey, W.N., Loading to Failure of a Pilot High Rate Digester. Sewage and Industrial Waste, Vol.27, (1955) : 121-139

32. สุรพล สายพานิช กระบวนการตะกอนเร่งคอนแทกท์สเตบิไลเซชันแบบแอนแอโรบิค. โครงการวิจัย เลขที่ 95-ER-2528 ทุนส่งเสริมการวิจัย วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันวิจัยและพัฒนาคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2528

33. Alexander, W.V., Ekama, G.A. and Marais, G.V.R., The Activated Sludge Part II - Applicationof the general kinetic model to the Gontact Stabilization Process Water Res., Vol. 14, (1980) : 1737-1740.

34. Kharajan, H.A. and Sherrard, J.H., contact Stabilizaiton Treatment of a colloidial organic wastewater. J. WPCF, Vol.13, No2, (1978) : 645-651

35. Ullrich, A.H. and Smith, M.W., The biosorption process of Sewage and Waste Treatment. J.WPCF, Vol 23, No.10, (1951) : 1248-1253

36. Schroepfer, G.J. and Ziemke, N.R. Development of the Anaerobic Contact Process -I- Pilot-Plant investigations and economics.sewage and Industrial Wastes, Vol.31, No.2, (1959) : 164-189

37. McGhee, T.J., Volatile acid concentration in batch feed Anaerobic Digestion. Water & Sewage Works (1971) : 130 - 133

38. GuJer, W. and Jenkins, D. The Contact Stabilization Activated Sludge Process-Oxygen utilization, Sludge Production and Efficiency. Water Res., Vol.9,(1975): 553 - 560

39. Gooddard, J.E., Contact Stabilization : A Process with a Future Water Serrices (1974) : 16-17

40. Nyns, E.J., Nareau, H.P., Chome, R. and Bertrand, Y. Digester A Worldwide Review. Proc. 1st Symp. on Anaerobic Digestion, Cardiff, Wales, (1979) : 37-60

41. สุรพล สายพานิช. การบำบัดน้ำเสียและการผลิตก๊าซชีวภาพจากโรงงานแป้งมันสำปะหลัง โดยกระบวนการตะกอนเร่งคอนแทกท์สเตบิไลเซชันแบบแอนแอโรบิค. โครงการวิจัยพัฒนา เพื่อกำจัดน้ำเสีย จากโรงงานแป้งมันสำปะหลัง, ศูนย์พันธุ์วิศวกรรม และเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ, 2529.

42. โรมรัน ศรีสัมฤทธิ์. การศึกษาเบื้องต้นในการผลิตก๊าซชีวภาพจากเครื่องกรองไร้ออกซิเจนที่ใช้วัสดุเป็นตัวกลาง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2525.

43. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. ระบบกำจัดน้ำเสียโดยวิธีชีววิทยา. เล่ม 1 ความรู้พื้นฐานภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2533.

44. DAVID jenkins The machanism and design of the contact stabization activated sludge process.

45. สุรพล สายพานิช. การแก้ปัญหาไม่จมตัวในระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์. ทฤษฎีสาเหตุและวิธีแก้ปัญหาตะกอนไม่จมตัวในกระบวนการตะกอนเร่ง การสัมมนาย่อย เรื่องการแก้ปัญหาตะกอนไม่จมตัว ในระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์, สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมไทย, 2528.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

วิธีวิเคราะห์รูปแบบการไหลในถังปฏิกิริยาแบบกวนสมบูรณ์

1. การป้อนสารจับร่องรอย (Tracer)

เทคนิคสำคัญที่ใช้วิเคราะห์หารูปแบบของการไหลคือ การป้อนสารจับร่องรอย (Tracer) ให้กับของเหลวที่ไหลเข้าถังปฏิกิริยา และวัดความเข้มข้นของสารจับร่องรอยในน้ำออกจากถัง สารจับร่องรอยนี้จะต้องเป็นสารเฉื่อยใด ๆ ก็ได้ ในการทดสอบนี้ใช้โซเดียมคลอไรด์ละลายน้ำที่ค่าความเข้มข้นคงที่

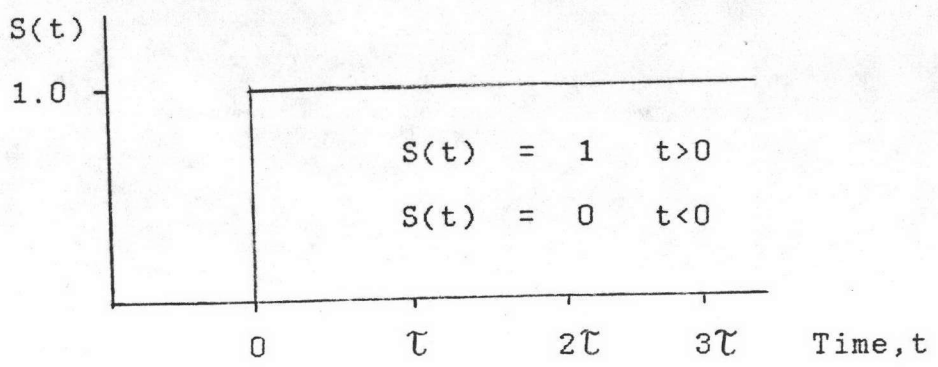
วิธีเติมสารร่องรอย ซึ่งอาจเรียกว่าเป็นสัญญาณของสารร่องรอยที่ป้อนให้กับน้ำมี 2 แบบ ที่นิยมใช้กันมากที่สุด คือ แบบขั้นบันได (Step) และแบบกระตุก (Impulse) ในการทดสอบนี้เลือกใช้แบบขั้นบันได

ฟังก์ชันของสัญญาณแบบขั้นบันได อาจนิยมได้ดังนี้

$$S\ (t-\tau) = 1 \qquad t > \tau$$

$$S\ (t-\tau) = 0 \qquad t < \tau$$

สมการของสัญญาณขั้นบันได ได้แสดงในรูปที่ 2



2. การไหลในถังกวนสมบูรณ์แบบอุดมคติ

การตอบสนองของถังกวนสมบูรณ์แบบอุดมคติที่มีต่อสัญญาณทั้งสองแบบยุ่งกว่าที่เกิดขึ้นในถังปลักรพลวบ้างเล็กน้อย ขอให้พิจารณาถังกวนสมบูรณ์ที่มีปริมาตร V, และได้รับสารร่องรอยที่มีอัตราไหลคงที่และเท่ากับ F สมการแสดงสมดุลย์ทางมวลของสารร่องรอยที่สภาวะใด ๆ อาจเขียนได้ดังนี้

$$F C_o - FC = \frac{VdC}{dt} \qquad 2.1$$

เนื่องจากสารร่องรอยเป็นสารเฉื่อย เทอมปฏิกิริยาจึงเท่ากับศูนย์และไม่ได้แสดงอยู่ในสมการ 2.1 สมการ 2.1 อาจเขียนได้ใหม่ดังนี้

$$\frac{dC}{dt} + \frac{C}{\tau} = \frac{C_o}{\tau} \qquad 2.2$$

โดยที่ C_o และ C เป็นความเข้มข้นของสารร่องรอยที่อยู่ในน้ำเข้าและน้ำออกตามลำดับ ในกรณีของการป้อนสัญญาณแบบขั้นบันได ความเข้มข้นของสารร่องรอยในน้ำเข้าที่จุดเริ่มต้นมีค่าเท่าศูนย์ จากนั้นก็เพิ่มแบบกระโดดไปเป็น C_o และคงที่ตลอดไป (ดูรูปที่ 2.1) ในการตอบสนองต่อสัญญาณแบบนี้ความเข้มข้นของสารร่องรอยในน้ำออกจะเพิ่มขึ้นอย่างช้าจนในที่สุดมีค่าเท่ากับ C_o (รูปที่ 2.2) สมการ 2.2 สามารถอินติเกรตได้ดังนี้

$$C/C_o = 1 - e^{-t/\tau} \qquad 2.3$$

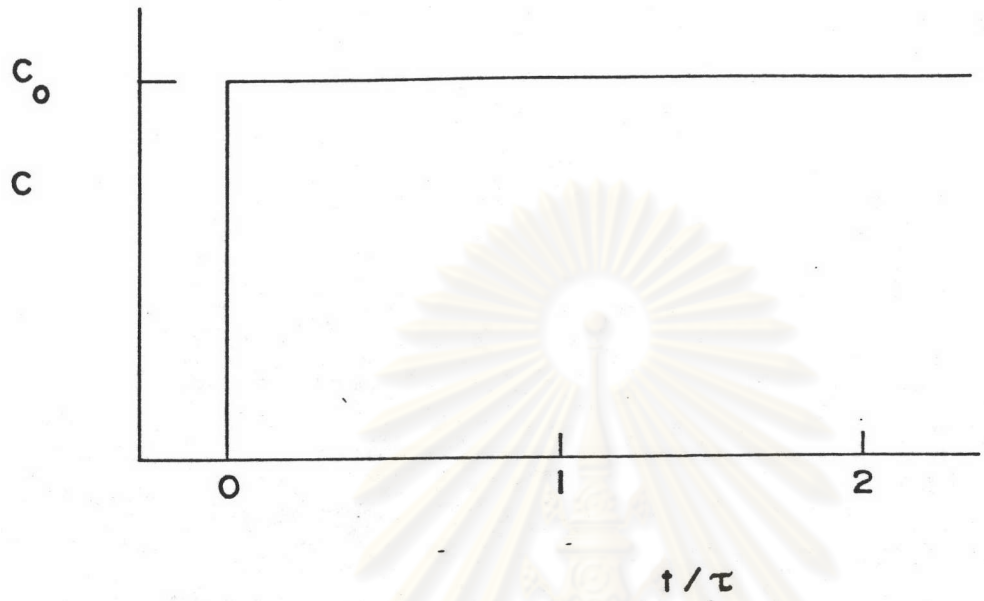
การตอบสนองที่แทนด้วยสมการ 2.3 นี้ อาจแสดงให้เห็นได้ด้วยรูปที่ 2.2 จะเห็นได้ว่า C มีค่าเริ่มจากศูนย์ไปจนถึง C_o สมการ 2.3 นี้เป็นแบบฉบับของสมการที่ใช้แสดงการตอบสนองของสัญญาณแบบขั้นบันได และแสดงว่าถ้า

พล็อตกราฟระหว่าง $In\ (1 - \frac{C}{C_o})$ เทียบกับเวลา ควรจะต้องได้เส้นตรงที่มีความชันเท่ากับ $(-1/\tau)$ ในทางปฏิบัติเราอาจใช้สมการ 2.3 หรือรูปที่ 2.2 เป็นวิธีตรวจดูว่าการกวนเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์หรือไม่ ตัวอย่างเช่น เมื่อ $t = \tau$ ความเข้มข้นของสารร่องรอยในน้ำออกควรจะมีค่าเท่ากับ 63.2 % ของค่าสูงสุด การกวนจึงจะเกิดได้อย่างสมบูรณ์

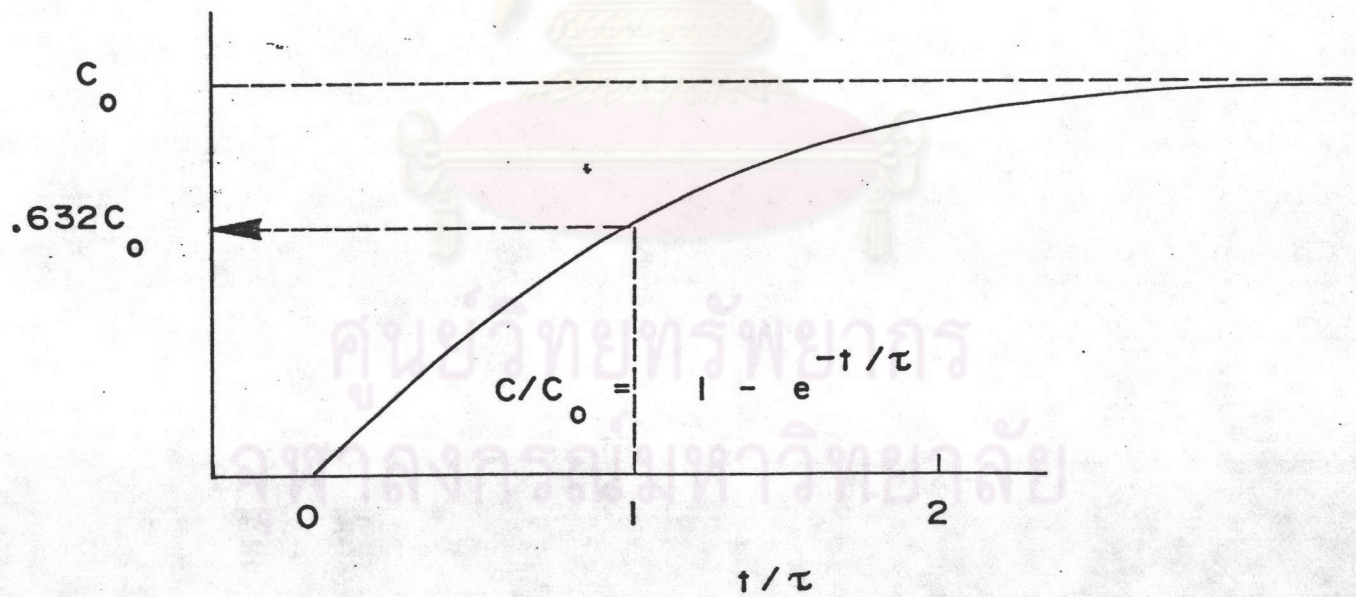
3. ผลของการทดสอบ

ผลของการทดสอบพบว่า ถังปฏิกิริยาคอนแทกท์และสเตบิไลเซชัน เป็นถังปฏิกิริยาแบบกวนสมบูรณ์ เพราะค่า $t/\tau = 1$ ค่าความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์มีค่าใกล้เคียง 0.632 C_o มาก ดังรูปที่ 3.1 และ 3.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

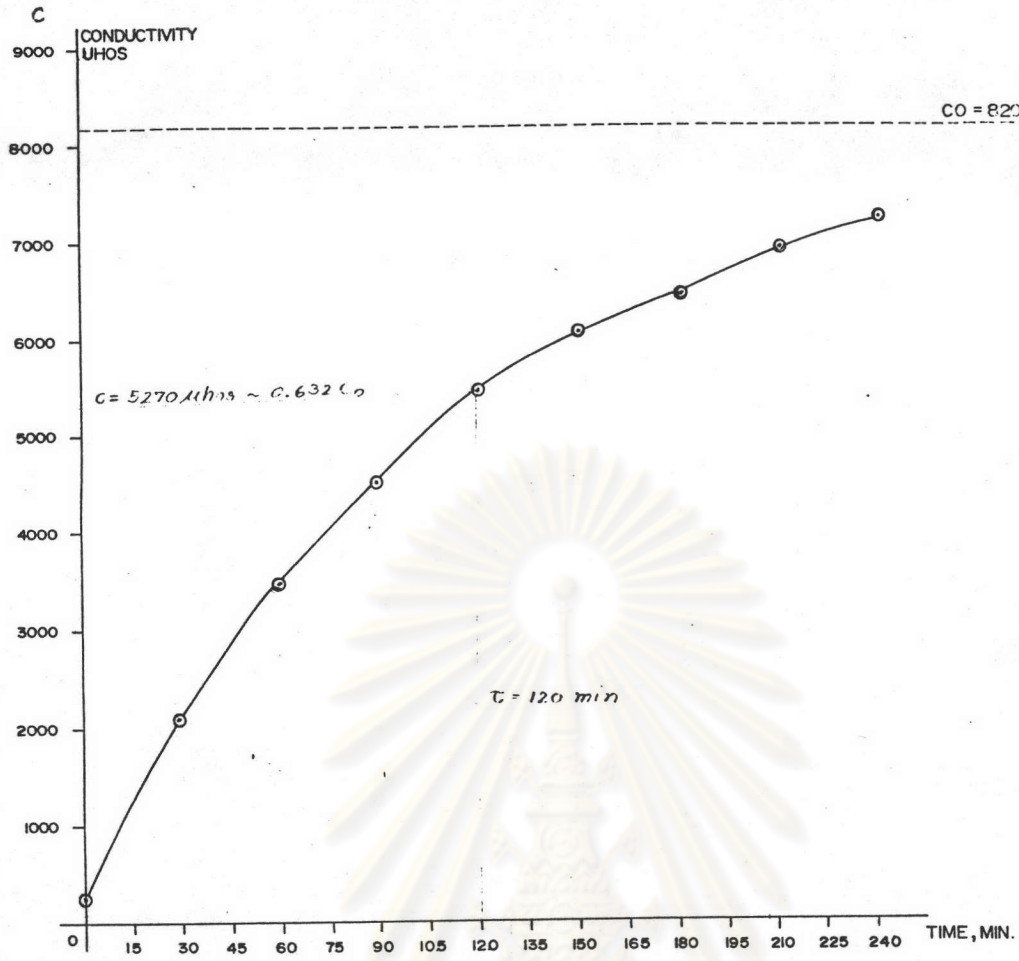


รูปที่ 2.1 การป้อนสีแบบขั้นบันได
วัดที่ทางน้ำเข้า

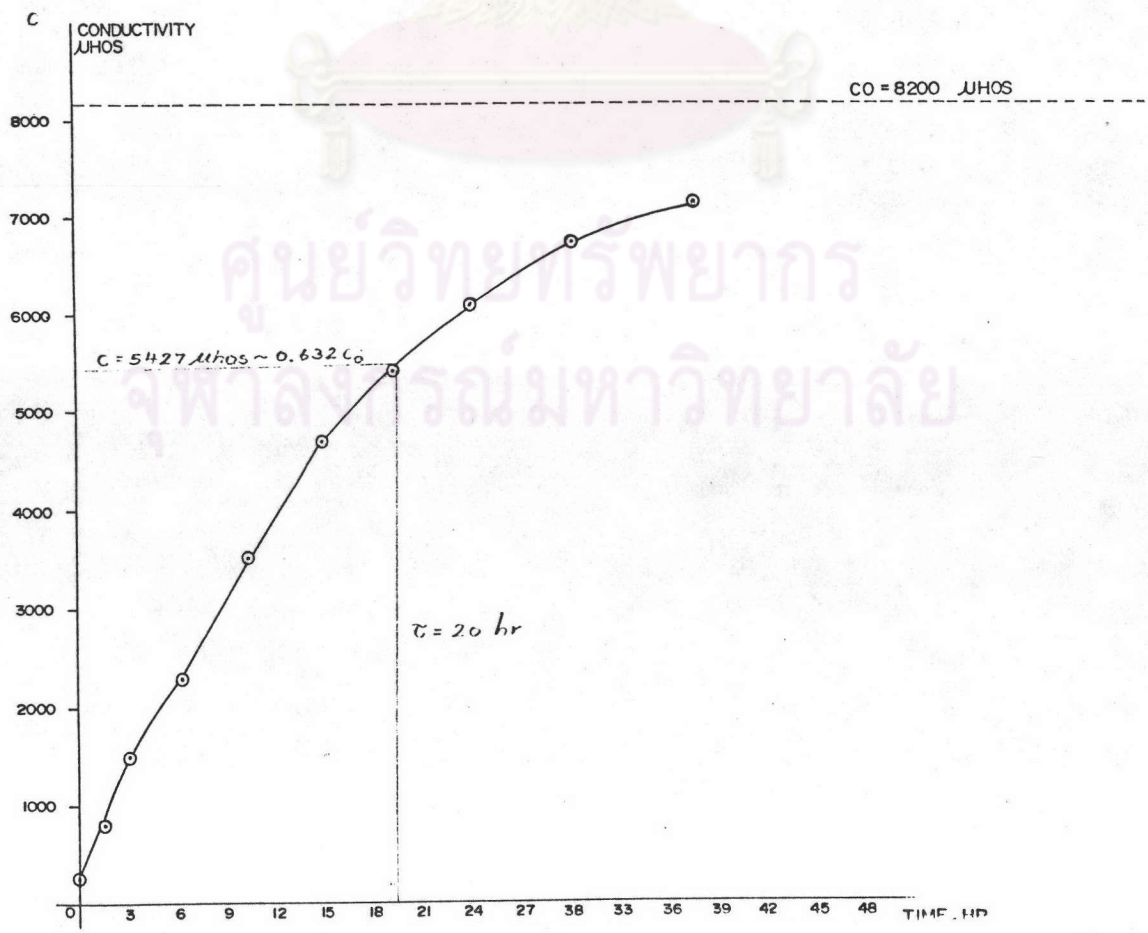


รูปที่ 2.2 การป้อนสีแบบขั้นบันได
วัดที่ทางน้ำออก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.1 ถังปฏิกิริยาคอนแทกท์



รูปที่ 3.2 ถังปฏิกิริยาสมบูรณ์แบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายอภิสิทธิ์ ศรีสุรินทร์
เกิด	26 กุมภาพันธ์ 2504 จังหวัดสุรินทร์
การศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (เครื่องกล) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่อยู่	580/8 ซอยโพธิ์ปั้น ถ.อโศกดินแดง ห้วยขวาง กทม.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย