

## บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในบทที่ 4 นี้ จะนำผลการทดลองและผลจากการทดลองจากวิธีการทดลองในบทที่ 3 มาแสดง พร้อมทั้งวิเคราะห์ข้อมูลการทดลอง

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการคำนวณค่าความดันตกที่เปลี่ยนแปลงเมื่อมีการจัดเรียงอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ได้ผลความดันตกจากท่อดังแสดงในตาราง

No	From	To	Flow	Pipe	length	Major	Elbow	valve	Minor	P.
			m <sup>3</sup> /h	inch		bar			bar	bar
Stripper feed tank to Stripper column										
1	pump 1	Separation point	360	8"	40.63	0.184	15	2	0.350	0.534
2	Separation point	Heat Exchangers	210	8"	26.57	0.060	11	3	0.145	0.205
			210	4"	1.63	0.001	0	0		0.001
3	Heat Exchanger	Stripper column	210	8"	45.03	0.071	15	4	0.195	0.266
Stripper Column to Stripper tank										
4	Pump 2	Filters	210	8"	15.56	0.024	8	2	0.100	0.124
5	Filters	Heat Exchangers	210	8"	31.19	0.049	14	3	0.150	0.199
6	Heat Exchangers	Heat Exchanger2	210	8"	37.95	0.060	17	4	0.200	0.260
7	Heat Exchanger2	Stripped tank	210	8"	94.68	0.150	30	5	0.280	0.430
				8"	23.81	0.050	9	0	0.030	0.080
				6"	2.20	0.015	0	2	0.240	0.255
				4"	6.15	0.380	3	0	0.150	0.530

Pressure drop in piping (Stripper feed tank to Stripper Column2) 1.006

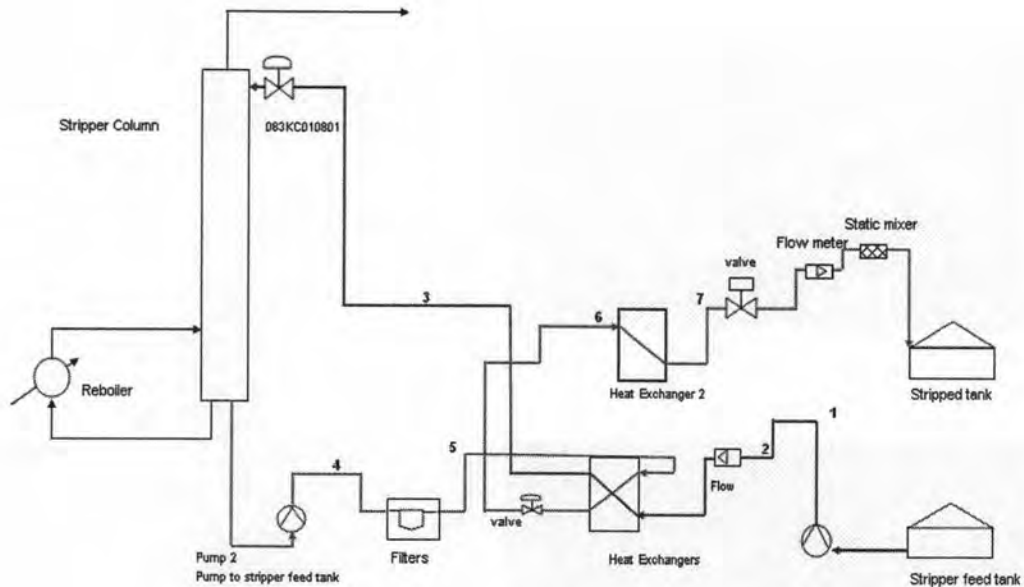
Pressure drop in piping (Stripper Column2 to Stripped tank) 1.878

ตารางที่ 4.1 ความดันตกที่เปลี่ยนแปลงเมื่อมีการจัดเรียงอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

และจากการคำนวณค่าความดันลดที่เปลี่ยนแปลงเมื่อมีการจัดเรียงอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนใหม่ในแบบขนานและอนุกรม ได้ผลความดันลดจากอุปกรณ์หลักดังแสดงในตาราง

pressure drop from elevation	
ความสูงเมื่อเปลี่ยนเป็นความดันจาก pump 1 ถึง Stripper column	2.19
pressure drop from elevation	
ความสูงเมื่อเปลี่ยนเป็นความดันจาก pump 2 ถึงถังพัก	0.42
Major loss	
pressure drop at Filters	2.00
pressure drop at Plate Heat Exchangers	1.00
pressure drop at Plate Heat Exchanger2	1.00
pressure drop at Flow	0.50
pressure drop at control valve	0.50
pressure drop at control valve	0.40
pressure drop at Flow	0.40
pressure drop at static mixer	0.33
pressure drop at Orifice	0.50
Summary	
Summary all pressure drop [Bar] stripper feed tank to stripper column2	5.20
Design pump 1 [Bar]	7.83
Summary all pressure drop [Bar] Stripper column2 to Stripped tank	
Design pump 2 [Bar]	8.30

ตารางที่ 4.2 ค่าความดันลดเมื่อมีการจัดเรียงอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจากอุปกรณ์หลัก



รูปที่ 4.1 Flow diagram ของ Stripper column ที่ทำการทดลอง

จากการคำนวณพบว่าไม่ว่าจะจัดเรียงอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเป็นแบบขนานหรืออนุกรม บั๊มยังสามารถลงน้ำเสียไปยัง Stripper column โดยความดันลดทั้งหมด เท่ากับ 5.20 บาร์ และจากการอ่าน บั๊ม Curve บั๊มยังสามารถส่งน้ำเสียขึ้นไปได้สูงสุด 79 เมตรหรือ 7.83 บาร์ ในการจัดเรียงอุปกรณ์แบบอนุกรมซึ่งมีความดันลดสูงสุด เนื่องจากความดันที่บั๊มทำได้มีมากกว่าความดันลดทั้งหมดที่เกิดขึ้นจึงทำให้ยังสามารถส่งน้ำเสียจากถังพักเข้าสู่ Stripper column ได้ และจาก Stripper column กลับถังพักโดยความดันลดทั้งหมด เท่ากับ 6.93 บาร์ และจากการอ่าน บั๊ม Curve บั๊มยังสามารถส่งน้ำเสียขึ้นไปได้สูงสุด 85 เมตรหรือ 8.30 บาร์ ในการจัดเรียงอุปกรณ์แบบอนุกรมซึ่งมีความดันลดสูงสุด เนื่องจากความดันที่บั๊มทำได้มีมากกว่าความดันลดทั้งหมดที่เกิดขึ้นจึงทำให้ยังสามารถส่งน้ำเสียจากถังพักเข้าสู่ถังพักได้

จากการทดลองเดินเครื่องและเก็บข้อมูลของการจัดเรียงอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนทั้งแบบใช้งาน 1 เครื่องสำรอง 1 เครื่อง แบบขนาน และแบบอนุกรม ที่อัตราการป้อนน้ำเสียเข้า Stripper column ใกล้เคียงกัน (189 – 190 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง) ได้ข้อมูลดังแสดงในตาราง

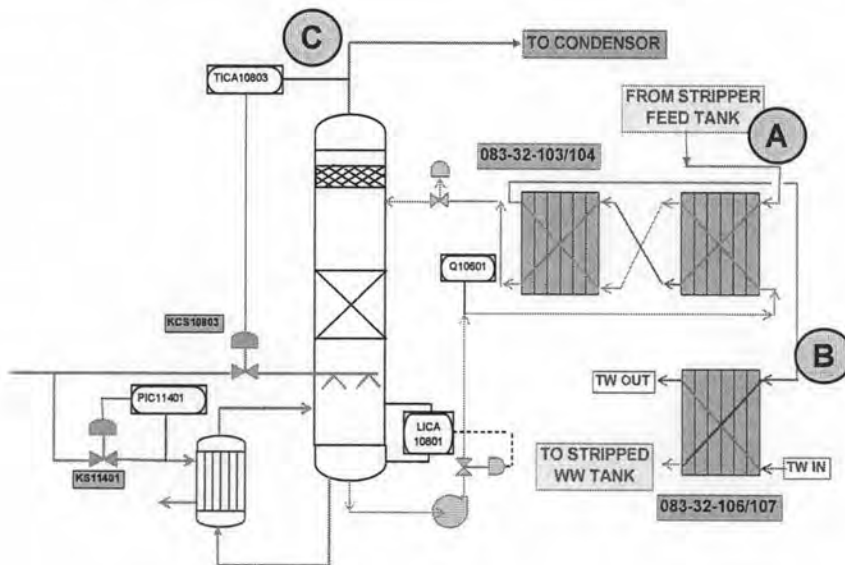
Case	Area m <sup>2</sup>	Q kW	U W/m <sup>2</sup> K	LMTD
Single	319.5	11,193.5	2,405	14.58
Parallel	319.5*2	10,855.4	2,982	11.40
Series	319.5*2	10,729.7	3,451	9.74

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าที่คำนวณได้จากการจัดเรียงอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบต่าง ๆ

	Sample	Steam flow kg/h	Fluid inlet at bottom column		Fluid outlet at top column		Ratio Steam/flow inlet	T1	T2	Q	
			Flow (m <sup>3</sup> /h)	Temp (deg C) t1	Flow (m <sup>3</sup> /h)	Temp (deg C) t2				kW	LMTD
Single Heat Exchanger	1	7334.59	189.79	44.54	175.85	97.07	38.64	104.06	70.40	11609.40	14.43
	2	7194.91	189.35	45.45	170.79	95.38	38.00	103.45	70.66	11008.81	15.05
	3	7272.10	189.18	45.96	182.96	96.72	38.44	104.27	70.68	11182.03	14.48
	4	6636.34	189.66	45.95	182.71	96.45	34.99	103.88	70.36	11152.84	14.27
	5	6790.20	189.35	46.17	182.54	95.37	35.86	103.99	70.07	10847.39	14.98
	6	7516.16	189.31	46.43	189.90	97.04	39.70	104.39	70.33	11156.74	14.03
	7	7330.81	189.52	45.48	179.41	96.26	38.68	104.28	70.57	11205.34	14.96
	8	7201.52	189.60	45.43	182.91	96.28	37.98	104.14	70.05	11226.23	14.68
	9	7248.80	189.84	45.89	181.86	96.83	38.18	104.37	70.83	11260.21	14.55
	10	7357.32	189.34	45.64	182.21	96.83	38.86	104.37	70.03	11285.62	14.35
Two HE in parallel	11	3686.22	189.79	45.71	184.29	94.44	19.42	104.02	59.07	10768.80	11.36
	12	3622.91	189.96	45.74	201.46	94.77	19.07	103.71	59.54	10845.07	11.20
	13	3722.33	189.40	45.49	190.12	94.56	19.65	103.80	59.56	10820.08	11.49
	14	3399.22	189.70	45.05	198.42	94.80	17.92	103.84	59.12	10989.79	11.37
	15	3750.72	189.88	45.16	191.14	94.15	19.75	103.80	59.31	10830.11	11.75
	16	3460.15	189.12	45.64	184.35	94.31	18.30	103.68	59.15	10717.51	11.31
	17	3498.41	189.34	45.25	193.89	94.70	18.48	103.91	59.50	10902.26	11.54
	18	3343.55	189.80	45.16	189.05	94.58	17.62	103.43	59.48	10920.14	11.37
	19	3473.65	189.88	45.10	188.18	94.41	18.29	103.45	59.42	10901.27	11.48
	20	3455.39	189.84	45.42	185.65	94.55	18.20	103.42	59.58	10859.02	11.31
Two HE in series	21	3621.13	189.99	46.57	187.02	95.42	19.06	103.37	55.83	10806.36	8.58
	22	3155.81	189.76	46.47	188.67	94.88	16.63	102.98	55.44	10694.98	8.53
	23	3294.72	189.06	46.43	187.72	94.58	17.43	102.93	55.42	10598.50	8.67
	24	3326.34	189.48	46.67	184.93	95.33	17.55	102.99	55.16	10734.38	8.07
	25	3367.82	189.13	46.63	183.73	95.19	17.81	102.79	55.69	10692.97	8.30
	26	3532.72	189.89	46.81	186.39	95.17	18.60	103.02	55.69	10692.60	8.35
	27	3045.86	189.74	46.72	190.72	93.97	16.05	102.85	55.47	10439.62	8.81
	28	3308.71	189.95	46.08	187.59	95.52	17.42	102.99	55.78	10932.98	8.54
	29	3597.72	189.94	46.19	185.29	95.76	18.94	103.22	55.56	10962.81	8.38
	30	3388.09	189.93	46.49	186.15	95.06	17.84	103.08	55.66	10741.80	8.58

ตารางที่ 4.4 แสดงข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูล ในการเดิน Stripper column จริง

ทำการเก็บข้อมูล จากผลของการเดินเครื่องแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนต่อแบบอนุกรม โดยทราบปริมาณสารอินทรีย์ปนเปื้อนโดยการส่งตัวอย่างไปทำการวิเคราะห์และเก็บค่าอุณหภูมิและปริมาณน้ำที่จุดต่างๆ เพื่อนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอินทรีย์ปนเปื้อนและปริมาณไอน้ำที่ใช้ ได้ข้อมูลดังตาราง

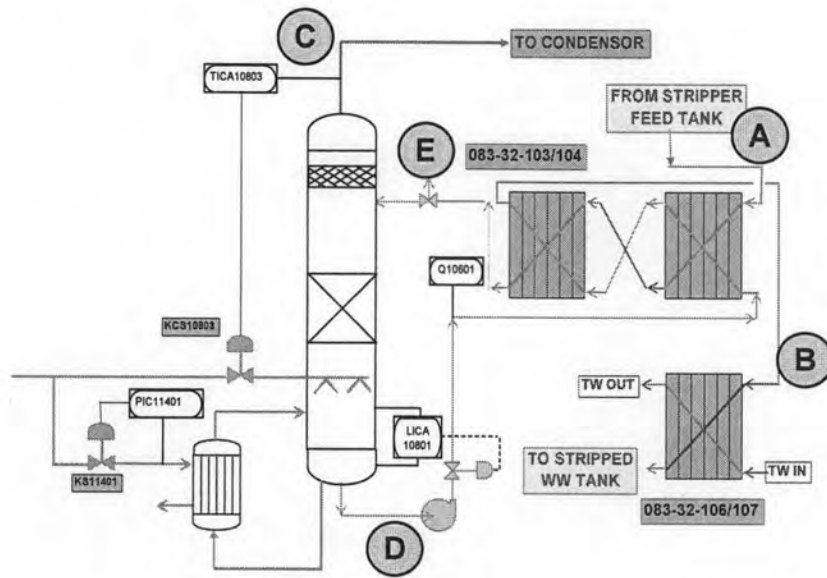


รูปที่ 4.2 จุดต่าง ๆ ที่เก็บผลการทดลองเพื่อส่งผลทดลองวิเคราะห์ผล

Sample No.	Point A			Point B			Point C		
	Fluid inlet stripper column			Fluid outlet stripper column at bottom column			Fluid outlet stripper column at top column		
	Flow (m3/h)	Temp. (deg C)	Solvent (ton)	Flow (m3/h)	Temp. (deg C)	Solvent (ton)	Flow (m3/h)	Temp. (deg C)	Solvent (ton)
1	190	46.1	1.36%	185	103.7	0	5	96.7	2.58
2	195	46.1	1.77%	188	103.7	0	7	96.7	3.45
3	220	46.1	1.08%	215.2	103.7	0	4.8	96.7	2.37

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าจากจุดเก็บตัวอย่างและค่าควบคุมแต่ละจุด

หลังจากนั้นนำผลที่ได้จากตัวอย่างไปทำการวิเคราะห์และเก็บค่าอุณหภูมิและปริมาณน้ำที่จุดต่างๆ เพื่อนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอินทรีย์ปนเปื้อนและปริมาณไอน้ำ โดยดูมวลและพลังงานรอบ Stripper column เพื่อหาความสัมพันธ์ของปริมาณสารอินทรีย์ต่อปริมาณการใช้ไอน้ำ



รูปที่ 4.3 แสดงจุดที่ทำกรวัดอุณหภูมิและคำนวณหาค่าความจุความร้อน



		Flow (Ton/hr)	Temp. (deg C)	Enthalpy (kW)
Steam		8.222	121.2	5017.70
Point A	Water	195	46.1	10308.48
	Solvent	3.45	46.1	
Point B	Water	188	57.9	12260.99
	Solvent	0	57.9	0.00
Point C	Water	3.55	96.7	3065.20
	Solvent	3.45	96.7	
Point D	Water	188	103.7	22636.56
	Solvent	0	103.7	0.00
Point E	Water	195	92.5	20684.05
	Solvent	3.45	92.5	

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากจุดต่าง ๆ ของ Stripper column

หลังจากนั้นทำการเก็บข้อมูลในกระบวนการควบคุมเดิม เมื่อมีการเพิ่มหรือลดปริมาณการป้อนน้ำเสียเข้า Stripper column อุณหภูมิยอดหอ Stripper column ที่เปลี่ยนแปลง และปริมาณการป้อนไอน้ำเข้า Reboiler เพื่อควบคุมอุณหภูมิยอดหอได้ตามค่าที่ตั้งไว้ เปรียบเทียบกับกระบวนการควบคุมโดยใช้อัตราส่วนของไอน้ำป้อนเข้า Reboiler ต่อปริมาณน้ำเสียป้อนเข้า Stripper column โดยเก็บข้อมูล เมื่อมีการเพิ่มหรือลดปริมาณการป้อนน้ำเสียเข้า Stripper column อุณหภูมิยอดหอ Stripper column ที่เปลี่ยนแปลง และปริมาณการป้อนไอน้ำเข้า Reboiler ได้ข้อมูลดังตาราง

Time	Temp. Top column	Flow steam	Flow water inlet	Set point	diff. (SD)
0:00	93.75	3269.80	179.81	93.50	0.26
1:00	93.81	3272.34	179.94	93.50	0.31
2:00	93.80	3231.21	180.37	93.50	0.30
3:00	93.61	3231.81	179.73	93.50	0.12
4:00	92.49	3415.81	179.34	93.50	1.01
5:00	93.52	3200.66	181.99	93.50	0.02
6:00	93.47	3451.31	181.79	93.50	0.03
7:00	92.90	3232.88	182.32	93.50	0.60
8:00	93.50	3190.97	182.11	93.50	0.00
9:00	93.73	3230.08	182.21	93.50	0.23
10:00	93.78	3285.58	179.51	93.50	0.28
11:00	93.84	3252.22	180.22	93.50	0.34
12:00	93.90	3173.38	180.21	93.50	0.40
13:00	93.75	3247.98	181.43	93.50	0.25
14:00	94.00	3230.73	180.27	93.50	0.50
15:00	93.89	3259.94	179.58	93.50	0.39
16:00	93.67	3215.41	179.43	93.50	0.18
17:00	94.43	3247.77	179.79	93.50	0.93
18:00	93.68	3246.29	179.67	93.50	0.18
19:00	92.58	3187.80	179.85	93.50	0.92
20:00	94.24	3215.47	180.01	93.50	0.74
21:00	93.76	3231.92	177.43	93.50	0.26
22:00	93.65	3340.00	172.18	93.50	0.15
23:00	93.13	3518.17	190.05	93.50	0.37
Avg.	93.64	3254.84	179.97		0.36

ตารางที่ 4.7 อุณหภูมิยอดหอ Stripper column ที่เปลี่ยนแปลง และปริมาณการป้อนไอน้ำเข้า Reboiler



Time	Temp. Top column	Flow steam	Flow water inlet	Set point	diff. (SD)	Ratio
0:00	93.33	3009.90	191.79	93.30	0.03	15.69
1:00	93.31	2985.31	190.04	93.30	0.01	15.71
2:00	93.25	3018.23	189.63	93.30	0.05	15.92
3:00	93.42	3037.90	190.63	93.30	0.12	15.94
4:00	93.28	3060.31	190.15	93.30	0.02	16.09
5:00	93.24	3066.93	190.10	93.30	0.06	16.13
6:00	93.29	3118.50	190.25	93.30	0.00	16.39
7:00	93.25	3128.23	189.84	93.30	0.05	16.48
8:00	93.35	3164.56	190.05	93.30	0.05	16.65
9:00	93.33	3211.08	195.10	93.30	0.03	16.46
10:00	93.41	1240.73	79.85	93.30	0.11	15.54
11:00	93.48	1535.31	110.00	93.30	0.18	13.96
12:00	93.19	2329.14	157.88	93.30	0.11	14.75
13:00	93.07	2835.09	179.94	93.30	0.23	15.76
14:00	93.15	3369.86	212.83	93.30	0.15	15.83
15:00	93.27	3365.61	211.31	93.30	0.03	15.93
16:00	93.30	3346.77	210.41	93.30	0.00	15.91
17:00	93.03	3203.48	199.77	93.30	0.27	16.04
18:00	93.38	3047.08	190.09	93.30	0.08	16.03
19:00	93.09	3047.22	190.03	93.30	0.21	16.04
20:00	93.33	3047.35	190.27	93.30	0.03	16.02
21:00	93.25	3094.93	195.11	93.30	0.04	15.86
22:00	93.48	3154.30	195.76	93.30	0.18	16.11
23:00	93.30	3180.76	200.52	93.30	0.00	15.86
Avg.	93.28	2931.21	183.95		0.09	15.88

ตารางที่ 4.8 อุณหภูมิยอดหอ Stripper column ที่เปลี่ยนแปลง ปริมาณการป้อนไอน้ำเข้า Reboiler และอัตราส่วนไอน้ำต่อน้ำเสียป้อนเข้า