RISK ANALYSIS OF HAZARDOUS BIOGAS IN PLANT OPERATIONS : A CASE STUDY OF A TAPIOCA STARCH FACTORY

KAMONTORN CHUENCHOM

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIRMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE (INDUSTRIAL HYGIENE AND SAFETY)
FACULTY OF GRADUATE STUDIES
MAHIDOL UNIVERSITY
2010

COPYRIGHT OF MAHIDOL UNIVERSITY

Thesis
entitled

RISK ANALYSIS OF HAZARDOUS BIOGAS IN PLANT OPERATIONS : A CASE STUDY OF A TAPIOCA STARCH FACTORY

……
Ms. Kamontorn Chuenchom
Candidate

……
Assoc. Prof. Vichai Pruktharathikul,
M.Sc. (Industrial Hygiene and safety)
Major-advisor

……
Assoc. Prof.Chalermchai Chaikittiporn,
Dr.P.H. (Epidemiology)
Co-advisor

……
Assoc. Prof.Wantanee Phanprasit,
Dr.P.H. (Industrial Hygiene)
Co-advisor

……
Prof. Banchong Mahaisavariya,
M.D., Dip Thai Board of Orthopedics
Dean
Faculty of Graduate Studies
Mahidol University

……
Assoc. Prof. Wantanee Phanprasit,
Dr.P.H. (Industrial Hygiene)
Program Director
Master of Science Program in
Industrial Hygiene and Safety
Faculty of Public Health
Mahidol University

Thesis
entitled

RISK ANALYSIS OF HAZARDOUS BIOGAS IN PLANT OPERATIONS : A CASE STUDY OF A TAPIOCA STARCH FACTORY

was submitted to the Faculty of Graduate Studies Mahidol University
for the degree of Master of Science (Industrial Hygiene and Safety)
on
June 21, 2010

……
Ms. Kamontorn Chuenchom
Candidate

……
Mr. Noppakorn Chongvisal,
Dr.Ph.D. (Industrial Hygiene and Environmental Health)
Chair

……
Assoc. Prof. Vichai Pruktharathikul,
M.Sc. (Industrial Hygiene and safety)
Member

……
Assoc. Prof.Chalermchai Chaikittiporn,
Dr.P.H. (Epidemiology)
Member

……..
Assoc. Prof. Wantanee Phanprasit,
Dr.P.H. (Industrial Hygiene)
Member

……
Prof. Banchong Mahaisavariya,
M.D., Dip Thai Board of Orthopedics
Dean
Faculty of Graduate Studies
Mahidol University

……
Assoc. Prof. Phitaya Charupoonphol,
M.D., Dip. Thai Board of Epidemiology
Dean
Faculty of Public Health
Mahidol University

ACKNOWLEDGEMENTS

First of all, I am most to grateful to my major advisor, Assoc. Prof. Vichai Pruktharathikul for his advice, concern and encouragement during the entire study. I am highly indebted to Assoc. prof. Chalermchai Chaikittiporn for his kindness and comments.

I would like to thank CHOL CHAROEN CO.,LTD. engineer and every one who generously provided assistance for research information support. I would also like to thank specialist, THAI STEAM SERVICE & SUPPLY CO.,LTD. for technical data about biogas plant.

I would like to thank my classmate, staff of the department of Occupational Health and Safety, faculty of Public Health.

Finally, I would like to thank my family for their love, understanding and support throughout my entire study.

Kamontorn Chuenchom

RISK ANALYSIS OF HAZARDOUS BIOGAS IN PLANT OPERATIONS
: A CASE STUDY OF A TAPIOCA STARCH FACTORY

KAMONTORN CHUENCHOM 4736569 PHIH/M

M.Sc. (INDUSTRIAL HYGIENE AND SAFETY)

THESIS ADVISORY COMMITTEE : VICHAI PRUKTHARATHIKUL, M.Sc. (Industrial Hygiene and Safety), CHALERMCHAI CHAIKITTIPORN, Dr.P.H. (Epidemiology), WANTANEE PHANPRASIT, Dr.P.H. (Industrial Hygiene)

ABSTRACT

This thesis is a risk analysis of the hazards in a biogas process system in a tapioca starch factory. The factory used the biogas process on wastewater to create energy. An accident from a biogas explosion can cause lose of life and assets. The objectives of this study were to identify hazards from the use of tools, equipment and procedures in the tapioca starch factory, understand the risk assessment results and the risk level of each of them, on seek methods for eradication or mitigation of these risks. This research identified hazards by using a Checklist, What If Analysis, Hazard and Operability Study (HAZOP), Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) and Event Tree Analysis. Risk assessment was determined according to the regulations of the Department of Industrial Works on risk assessment standards, 2543.

There were 27 activities and 71 tasks performed in the biogas production system. 5 tasks were at a non–acceptable risk level, 7 tasks were at a high risk level, and 59 tasks were at an acceptable risk level. The potential problems come from three serious hazards : (1) biogas leakage from the biogas process system could accumulate in a high quantity, and if this arises, a spark could cause on explosion, (2) the concentration of hydrogen sulfide in the biogas becomes more than 3,000 ppm which corrodes the combustion system of the hot oil burner and causes an explosion in the combustion room, (3) the humidity content in the biogas increases to 90 percent which causes the solenoid in the valve proving system to stick and an explosion could happen.

The 5 tasks that were at a non-acceptable risks level from the risk assessment had three characteristics which could be reduced to an acceptable risk level : (1) biogas leakage could be mitigated by installing a building flare system for protection, (2) the concentration of hydrogen sulfide could be mitigated by installing a building desulphurization system, and (3) the humidity content could be mitigated by installing a building air chiller system. For the seven high risk tasks, there is a risk management plan which can decrease the risk level to an acceptable risk level or no risk level.

KEY WORDS: RISK ASSESSMENT / BIOGAS PLANT

136 pages

การวิเคราะห์ความเสี่ยงจากอันตรายในระบบผลิตก๊าซชีวภาพ : กรณีศึกษาโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง

RISK ANALYSIS OF HAZARDOUS BIOGAS IN PLANT OPERATIONS

: A CASE STUDY OF A TAPIOCA STARCH FACTORY

กมลธร ชื่นชม 4736569 PHIH/M

วท.ม. (สุขศาสตร์อุตสาหกรรมและความปลอดภัย)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: วิชัย พฤกษ์ธาราธิกูล, M.Sc. (Industrial Hygiene and Safety), เฉลิมชัย ชัยกิตติภรณ์, Dr.P.H. (Epidemiology), วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์, Dr.P.H. (Industrial Hygiene)

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากอันตรายในระบบผลิตก๊าซชีวภาพของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง จากการนำน้ำเสียในกระบวนการผลิต มาบำบัดได้เป็นก๊าซชีวภาพเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน พบว่ามีการเกิดอุบัติเหตุจากก๊าซชีวภาพระเบิด ทำให้เกิดการสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สิน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อศึกษาและชี้บ่งอันตรายของเครื่องมือ, อุปกรณ์ และการปฏิบัติงานในระบบผลิตก๊าซชีวภาพในโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง (2) เพื่อให้ทราบถึงผลของการประเมินความเสี่ยง และระดับความเสี่ยงที่เกิดขึ้น (3) เพื่อหาวิธีการที่จะกำจัดหรือลดโอกาสที่จะเกิดความเสี่ยง การวิจัยนี้ได้ทำการชี้บ่งอันตรายด้วยวิธี Checklist, What If Analysis, Hazard and Operability Study (HAZOP), Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) และ Event Tree Analysis ร่วมกัน ส่วนการประเมินความเสี่ยงใช้แนวทางตามระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2543

ได้ทำการวิเคราะห์อันตรายในระบบผลิตก๊าซชีวภาพทั้งหมด 27 กิจกรรม จำนวน 71 รายการ จากการประเมินความเสี่ยงพบว่ามีระดับความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ 5 รายการ ระดับความเสี่ยงสูง 7 รายการ และระดับความเสี่ยงที่ยอมรับได้ 59 รายการ ซึ่งอาจทำให้เกิดอุบัติภัยร้ายแรง 3 ลักษณะ ได้แก่ (1) การรั่วไหลของก๊าซชีวภาพจากระบบผลิตจนเกิดการสะสมในปริมาณมาก หากเกิดประกายไฟขึ้นจะทำให้เกิดการระเบิดได้ (2) ระดับความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพสูงมากกว่า 3,000 ppm ทำให้เกิดการกัดกร่อนระบบควบคุมการเผาไหม้ของ Burner ใน Hot oil ทำให้เกิดการระเบิดในห้องเผาไหม้ (3) ปริมาณความชื้นของก๊าซชีวภาพ ไปจับโซลินอยด์วาล์วในชุดลิ้นนิรภัยอัตโนมัติ ทำให้ก๊าซชีวภาพถูกจ่ายเข้าไปในห้องเผาไหม้ตลอดเวลา เมื่อ Burner สั่งจุดจะเกิดการระเบิดในห้องเผาไหม้

ระดับความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ ได้ดำเนินการบริหารจัดการความเสี่ยง พบว่าลดลงมาอยู่ในระดับความเสี่ยงที่ยอมรับได้ทั้ง 3 ลักษณะ โดย (1) การรั่วไหลของก๊าซชีวภาพ ได้จัดให้มีระบบเผาก๊าซชีวภาพทิ้ง (2) ความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพสูง ได้จัดให้มีระบบกำจัดกาซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Desulphurization) และ (3) ความชื้นของก๊าซชีวภาพ จัดให้มีระบบลดความชื้น (Air Chiller) สำหรับระดับความเสี่ยงสูง 7 รายการ ได้ทำการบริหารจัดการความเสี่ยง ทำให้ลดระดับลงมาเหลือระดับที่ยอมรับได้ และไม่มีความเสี่ยง

136 หน้า

CONTENTS

	Page
ACKNOWLEDGEMENTS	**iii**
ABSTRACT (ENGLISH)	**iv**
ABSTRACT (THAI)	**v**
LIST OF TABLES	**viii**
LIST OF FIGURES	**xi**
CHAPTER I INTRODUCTION	
1.1 Statement and significance of the problem	1
1.2 Objectives	4
1.3 Scope of the study	4
1.4 Definitions	4
1.5 Advantages	6
1.6 Limitation of the study	6
1.7 Conceptual framework	7
CHAPTER II LITERATURE REVIEW	
2.1 Tapioca starch production	8
2.2 Biogas	10
2.3 Biogas production technology in Thailand	12
2.4 Safety in biogas usage	15
2.5 Hazard identification	16
2.6 Risk assessment	20
2.7 Related researches	22
CHAPTER III METHODOLOGY	
3.1 Study area	25
3.2 Working group	28
3.3 Methodology	28
3.4 Risk management plan	29

CONTENTS (cont.)

		Page
CHAPTER IV	**RESULTS**	**31**
CHAPTER V	**DISCUSSION**	**49**
5.1	Discussion of study design	51
5.2	Discussion of study results	52
CHAPTER VI	**CONCLUSION**	**54**
6.1	Recommendation from this study	54
6.2	Guidelines for further research	55
REFERENCES		**56**
APPENDICES		
Appendix A	Checklist 1-2	59
Appendix B	What If Analysis 1-18	64
Appendix C	Hazard and Operability Study (HAZOP) node 1-4	97
Appendix D	Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) 1-2	106
Appendix E	Event Tree Analysis (ETA)	112
Appendix F	Risk reduction plan 1-5	114
Appendix G	Risk control plan 1-10	117
Appendix H	Risk list with risk administration measure	127
BIOGRAPHY		**136**

LIST OF TABLES

Table		Page
1.1	The accident statistics from biogas using in Thailand	3
2.1	Biogas composition	11
2.3	Heating value of 1 m^3 biogas	11
2.4	Biogas properties	12
2.5	Poisonous level of gas	15
2.6	Physical symptoms indication when receive gas into body	16
2.7	HAZOP Guide Word	17
2.8	Symbol that use in hazard identification analysis	18
2.9	Chance level assignment for each event	19
2.10	Violence level assignments for each event that effect to human	20
2.11	Violence level assignments for each event that effect to community	20
2.12	Violence level assignments for each event that effect to environment	21
2.13	Violence level assignments for each event that effect to essets	21
2.14	Hazard risk assignment	22
3.1	Biogas production equipment	27
3.2	Chance level assignment for each event (re-categorized)	29
3.3	Violence level assignments for each event that effect to community (re-categorized)	30
4.1	List of Risks	31
A.1	Report of safety (Checklist 1)	60
A.2	Checklist 1	61
A.3	Report of safety (Checklist 2)	62
A.4	Checklist 2	63
B.1	What If 1	65
B.2	What If 2	67

LIST OF TABLES (cont.)

Table		Page
B.3	What If 3	70
B.4	What If 4	72
B.5	What If 5	74
B.6	What If 6	76
B.7	What If 7	78
B.8	What If 8	81
B.9	What If 9	84
B.10	What If 10	86
B.11	What If 11	88
B.12	What If 12	89
B.13	What If 13	90
B.14	What If 14	91
B.15	What If 15	93
B.16	What If 16	94
B.17	What If 17	95
B.18	What If 18	96
C.1	HAZOP (node 1)	98
C.2	HAZOP (node 2)	100
C.3	HAZOP (node 3)	102
C.4	HAZOP (node 4)	104
D.1	FMEA 1	107
D.2	FMEA 2	110
E.1	ETA 1	113
F.1	Risk reduction plan 1	114
F.2	Risk reduction plan 2	115
F.3	Risk reduction plan 3	115

LIST OF TABLES (cont.)

Table		Page
F.4	Risk reduction plan 4	116
F.5	Risk reduction plan 5	116
G.1	Risk control plan 1	117
G.2	Risk control plan 2	118
G.3	Risk control plan 3	119
G.4	Risk control plan 4	120
G.5	Risk control plan 5	121
G.6	Risk control plan 6	122
G.7	Risk control plan 7	123
G.8	Risk control plan 8	124
G.9	Risk control plan 9	125
G.10	Risk control plan 10	126
H.1	Risk list with risk administration measure	127

LIST OF FIGURE

Figure		Page
2.1	Tapioca starch production process	10
2.2	Organic matter digestion by aerobic digestion wastewater treatment	13
2.3	Organic matter digestion by anaerobic digestion wastewater treatment	13
3.1	Anaerobic fixed film reactor (AFFR) for biogas production system in tapioca starch manufacturing	25
3.2	Biogas production system	26
B.1	Wastewater pump and piping	64
B.2	Anaerobic fixed film reactor	66
B.3	Water sealed tank	69
B.4	Close flare system	71
B.5	Knock out drum	75
B.6	Air Chiller	77
B.7	Desulphurization	80
B.8	Automatic drainer	83
B.9	Generator	85
B.10	Storage gas	87
B.11	Burner	92
C.1	Flare Blower	97
C.2	Flame Arrester	99
C.3	Stack flare	101
C.4	Gas Ignition	102
D.1	Roots blower	106
D.2	Valve proving system	109
E.1	Flow diagram of sending biogas (ETA 1)	112

CHAPTER I
INTRODUCTION

1.1 Statement and significance of the problem

Oil expensive situation and oil resource quantity continuously down, the most industrial entrepreneurs thus choose other energy sources. Either biogas that produce in Thailand or biomass that remain from production processes such as wood, hulk, pineapple waste, coconut shell, talai palm, etc., are used as fuel sources regard to high economical competition and industrial growth especially agricultural products processing industries. Therefore, good energy management is required for production cost reducing. Nowadays, there is technology that produces biogas from food processing industry wastes such as wastewater. Unless production processes wastewater is treated, the renewable energy which is biogas is also produced for being used instead of fuel oil. Moreover, biogas can be also used as electric energy source. But the most entrepreneurs still has no knowledge and not understand about biogas. Thus there are government agencies provide both technology and money to construct the biogas production system in order to push forward the using of biogas technology. The other objective is to support the using of clean energy which results in the carbon dioxide emission reduction, energy saving and reducing the environmental problems.

The Energy Policy and Planning Office (EPPO) collaborate with the National Science and Technology Development Agency (NSTDA) to support the program of biogas production for energy conservation. The EPPO support the wastewater treatment and biogas production construction by funding 20% construction cost and all overhead charges and research. While the NSTDA subsidizes low interest loan for the 75% remained investment after EPPO funding rebate follow the Company Directed Technology Development Program. Therefore, the entrepreneurs turn more to take interest of renewable energy or biogas whether tapioca starch manufacturing industry, palm oil manufacturing industry, liquors industry or pig farms.

There are many tapioca starch manufacturing industries in Thailand. Because Thailand is agricultural country and has appropriate terrain for cassava, main raw material for tapioca starch production, planting. There are 86 tapioca starch manufacturers in Northern, Middle, Eastern, Western and Northeastern of Thailand. The tapioca starch manufacturing requires high volume of water which causes the wastewater problem. Now, the most manufacturers turn to use wastewater for biogas production to gain advantages both for environmental and renewable energy for replace fuel oil in drying process and power regenerator. But the use of biogas still has safety problem which the accident statistics from biogas using shows as follow Table 1.1

Table 1.1 The accident statistics from biogas using in Thailand [1]

Operation	Date	Province	Occasion	Number of injuries	Number of deaths
Chicken feather powder	6 Jan 45	Lumphun	condenser leakage caused carbon disulphide, sulfur dioxide and methane leakage	4	1
White liquors and mixed liquors production	6 May 46	Kanchanaburi	Worker changed water drained valve of gas pipe without main valve shut off, methane gas then leaked out	2	1
Tapioca starch production	27 Sep 49	Srakaew	Assume that worker turned on light in gas station room to find out why gas not enough for burner feeding or blower motor may be shut on-off immediately when smell or heard leaked gas. The electric switch, ~1.2 meters from leak point, electric equipment and all light bulbs are non-explosion proof causing electric spark and immediately ignition of leakage gas.	2	1
Tapioca starch production	22 Feb 50	Chonburi	Biogas feed solenoid valve stuck, biogas was always feed to burner and then cause burner explosion.	1	0

Source : Safety Technology Bureau

The accident statistics shows that there are hazards from biogas usage whether from system design, biogas application, safety equipment and workers lack of biogas knowledge and understanding. Therefore, it is necessary to have biogas production risk assessment to find the appropriate dangerous prevention in both system design and sufficiently safety equipment for decrease chance of dangerous risk to life and property.

1.2 Objectives

1.2.1 To study and identify hazards of tools, equipment and operation in biogas production system in tapioca starch manufacturing that have hazard or risk.

1.2.2 To know about risk assessment and risk level that happen.

1.2.3 To find out the method to eliminate or reduce risk opportunity.

1.3 Scope of the study

1.3.1 Study biogas production system information of tapioca starch manufacturing.

1.3.2 Collect basic data about biogas production system, equipment and tools, inlet wastewater, biogas productivity and biogas uses.

1.3.3 Analyze hazard risk of the biogas production system and uses.

1.4 Definitions

Hazard is the situation that might cause injure or occupational illness, property damage, environmental damage, public damage or all together. [2]

Risk is measure of human injury, environmental damage, or economic loss in terms of both the incident likelihood and the magnitude of the loss or injury. [3]

Risk analysis is the development of a quantitative estimate of risk based on an engineering evaluation and mathematical techniques for combining estimates of incident consequences and frequencies. [3]

Risk assessment is the process by which the results of a risk analysis are used to make decisions, either through a relative ranking of risk reduction strategies or though comparison with risk targets. [3]

Risk level is result of opportunity level multiply by violence level that effect to person, community, asset or environment. The risk level is divided into 4 levels are less, medium, high, very high.

Biogas is gas produced by the biological breakdown of organic matter in the absence of oxygen. Biogas comprises primarily 60-70% methane (CH_4), 28-38% carbon dioxide (CO_2) and 2% other gases such as hydrogen sulfide (H_2S) and nitrogen (N_2) [4]

Methane (CH_4) is basically smallest hydrocarbon compound. It is a gas at standard temperature and pressure (STP). Pure methane is odorless gas but the smell characteristic in commercial is artificial safety measure caused by addition of odorant such as ethyl mercaptan compound. Methane is the important fuel and the major component of natural gas. Burning a molecule of methane produces 1 molecule of carbon dioxide and 2 molecules of water. Methane is the greenhouse gas that provides internal storage heat. In 100 years, a kilogram of methane provides heat averagely 23 times to the earth which equal to heat from carbon dioxide. The Mantle atmosphere composes a lot of methane and consider as main methane reserve. A lot of methane has been delivered to the atmosphere by volcano mud that adjacent to the rock shell crack from the plate moving or may be a composition of natural biogas from anaerobic digestion. Methane has high thermodynamically stability, colorless and odorless at room temperature and pressure. Boiling point of methane is 162 degree Celsius at 1 ATM and it is inflammable (combustible). It is not poisonous at normal condition but the poisonous comes from combustion. Moreover, methane is severe halogen oxidizing agent and cause stifling because methane interrupt the inhalation and can replace oxygen then make oxygen concentration lower than 18%. [5]

Anaerobic Fixed Film (AFF) is wastewater treatment that supporting materials are packed in reactor. It is high efficiency treatment system due to the microorganism cells always remain in system as bio-film on media or supporting materials surface, nylon net or rope. This system can reduce microorganism loss with treated water result in stable removal of organic substances. Moreover, this system has fast turn over to normal working condition in case of inlet wastewater characteristic change or overload organic substance. [6]

Tapioca Starch Factory means tapioca manufacturing for consuming or industry, produce tapioca starch from fresh cassava. Fresh cassavas are washed and grinded to be starch suspension and waste. Starch is separated from starch suspension by sedimentation or feed to separation machine and then dried and grinded to get powder tapioca starch. 0.20 kilogram of tapioca starch and 0.40-0.90 kilogram of cassava waste are produced from 1 kilogram of fresh cassava. [7]

1.5 Advantages

1.5.1 Can be used as design model for the biogas system construction.

1.5.2 Can be used as basic information for preparing safety equipment of biogas production system.

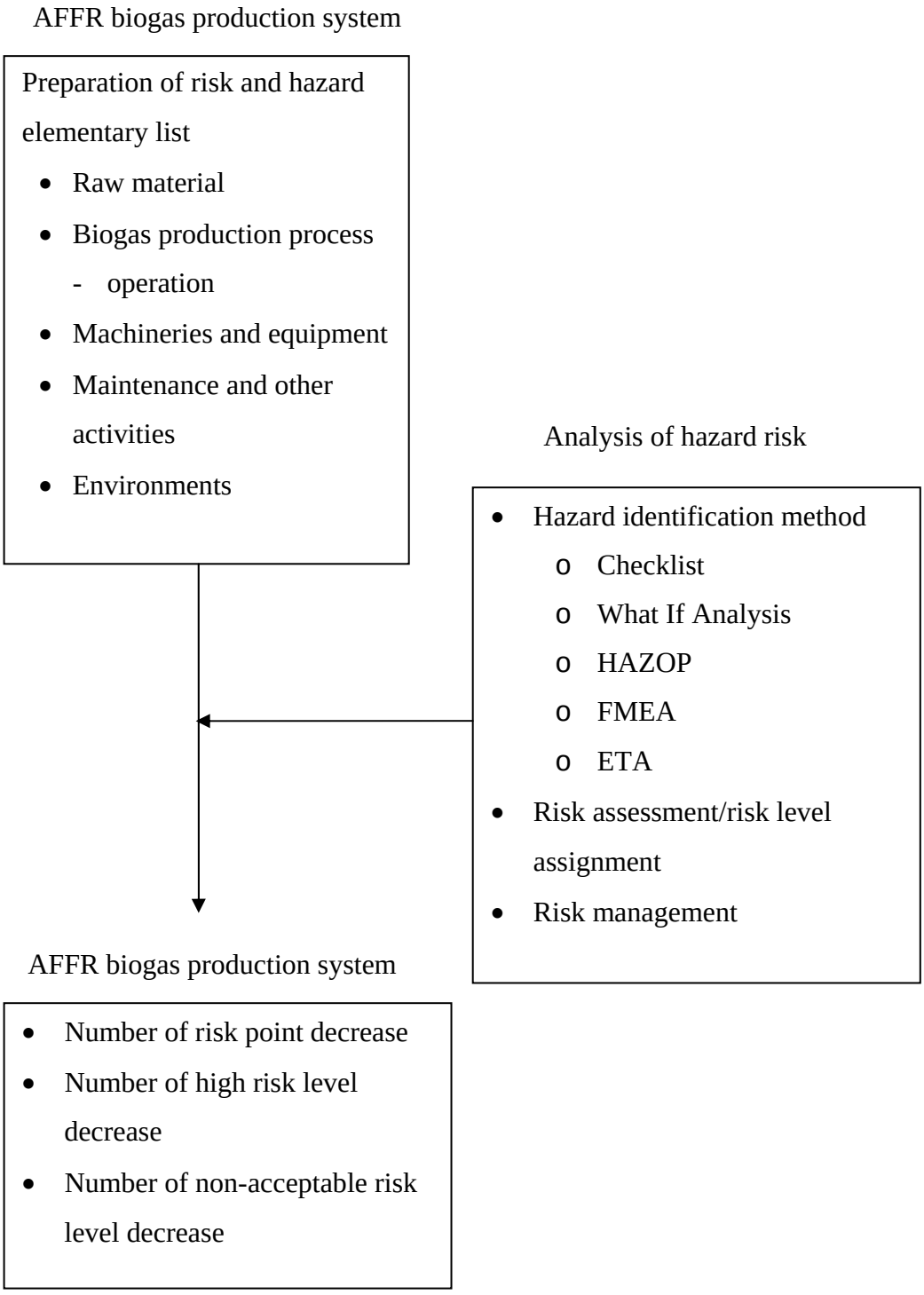
1.5.3 This studied results can be used for safety design of other biogas production system such as UASB.

1.6 Limitation of the study

1.6.1 This research use data from Anaerobic fixed film reactor system which there is the usability less than 10 years, so level chance of incidents has the suitability.

1.6.2 This research dose studied in the operation step because of it is main activity of the biogas production system. Moreover, operation step has chance the risk hazard from operating more than the start up and shut down step.

1.7 Conceptual Framework



CHAPTER II
LITERATURE REVIEW

2.1 Tapioca starch production [8]

Tapioca starch production is the extraction of starch from fresh cassava cell using water as extract. Proteins, minerals and other impurities which dissolve well in water are separated from starch with centrifuge or decanter.

Fresh cassava management, cassava root wastes are partly removed during harvesting. It is benefit to factory because cassava root wastes can decrease efficiency of peeling machine, scraping and grinding processes and also increase amount of starch waste which require the removal.

After cassava deliver to factory and weighting, amount of starch is tested by Buoyancy test for price set. Cassavas are then piled on raw material area before send to the production within 24 hours for preventing the decrease of starch quantity.

Sand removal and cassava shell pilling. The starch production starts at sand removal drum to remove sand and outer shell of cassava.

Cassava wash. After sand removal and cassava shell screening, pilled cassavas are washed by water spray. The large cassava roots are removed to relieve the chopper load.

Cassava chop and mill. Clean cassavas are delivered to chopper by chain conveyor or rasp bucket conveyor to chop cassavas into 1-2 inch chips. Cassava chips fall down to root raspier for delicate grinding to increase starch extraction efficiency.

In this step, hydrocyanic acid will dissolve in starch solution, equipment thus should be high quality stainless steel to prevent blue compound of ferrocyanides forming.

Starch extraction. After milling, water is added in grinded cassava and then deliver to extractor to separate cellulose and organic matter waste. The Multi-

Stage Extractor usually used either 3-stage or 4-stage extractors. By which first stage is coarse extraction using 60-80 mesh screen and final stage is fine extraction using 90 mesh filter cloth.

Both extractors are centrifugal extractor, the grinded cassavas and water are continuously feed to extractor. The extract water becomes wastewater in next starch separation step.

Sulphuric acid is added in this step to inhibit microorganism that convert starch molecule to lactic acid.

Cassava solution contains high water content about 90-95% but less starch content. Cassava cake is separated from cassava solution, sends to decanter and then dried for later mix with animal food.

Concentration of starch solution from extraction is 3 Be' (1 Be' = 18 kilograms dried starch in $1m^3$ water). Other dissolved impurities; proteins, lipids, sugar or fruit water, non-dissolved impurities; cassava cake and fibers, are eliminated in starch concentrated step.

Water removal. The starch manufacturing must be dramatically done to prevent chemical and biochemical reactions of microorganisms which reduce starch quality. Therefore, the starch concentrated step usually continuous process.

Starch solution that separated from cassava cake is send to separators either centrifugal separators or hydro cyclone. For better starch quality, 2-stage centrifugal separator usually used to separate cassava cake and concentrated starch solution, concentration increases to 20-22 Be'.

Drying and packing. Starch solution is dried by centrifugal then starch has 32-38% moisture. Otherwise, filter press is another method to dry starch but it is not likely used in Thailand because starch drying cost required. Starch from filter press has about 40-45% moisture.

After that, tapioca starch is sprayed to 200 degree Celsius hot air tube. High pressure hot air from Hot oil takes starch through stack and fall down to cyclone. Tapioca starch is dried in short time to prevent starch coagulation and starch degradation.

Hot fine tapioca starch powder from cyclone must be quenched by cooling cyclone. Both heating cyclone and cooling cyclone must have 99.95% efficiency of tapioca starch and air separation. Tapioca starch will has 12-13% moisture before deliver to sifter and packing. Waste air that contains tapioca starch from heating cyclone and cooling cyclone is treated by bag filters or scrubbers and starch will be regenerated.

Dried tapioca starch is screened before pack in silo for regularly powder particles. Silo mostly has sufficient size to pack tapioca starch that produce in 24 hour. For packing, the half-automatic system is used in small factory while the automatic system is used in large factory.

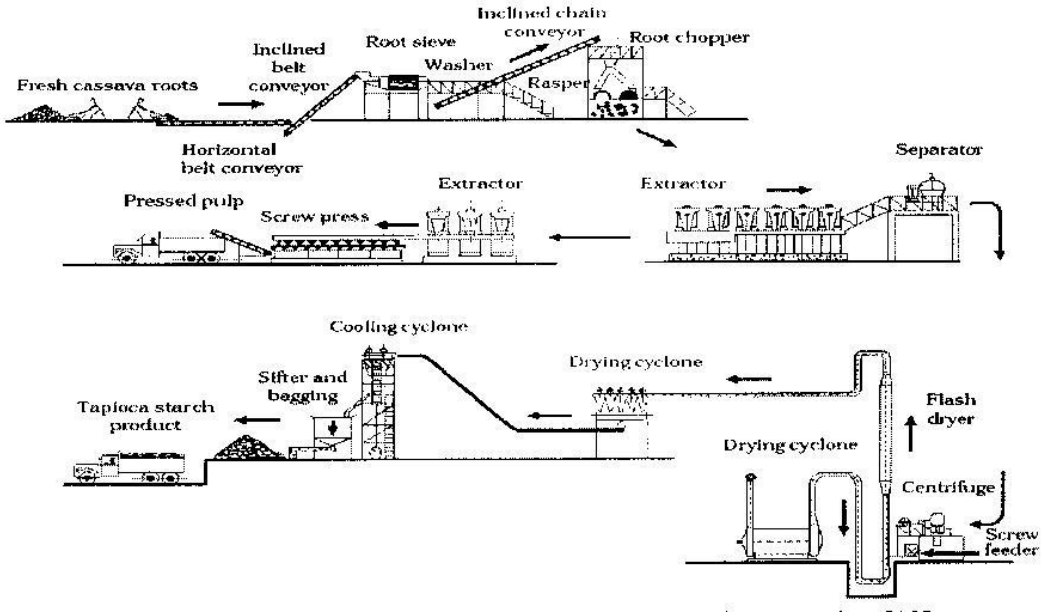


Figure 2.1 Tapioca starch production process

2.2 Biogas

Biogas typically refers to a gas produced by the biological breakdown of organic matter in the absence of oxygen. Main compositions of biogas are 60-70% methane (CH_4), 28-38% carbon dioxide (CO_2) and 2% of other gases such as hydrogen sulfide (H_2S) and nitrogen (N_2).

Table 2.1 Biogas composition

Substances	Symbol	Percentage (%)
Methane	CH_4	60-70
Carbon dioxide	CO_2	28-38
Hydrogen	H_2	5-10
Nitrogen	N_2	1-2
Water vapor	H_2O	0.3
Hydrogen sulphide	H_2S	Traces

Source : (Science and Technology Research Institute, Chiang Mai University) [9]

Main composition, methane in biogas result in well inflammable property and usable as renewable energy source such as

- Burn to get heat directly , e.g., use in steam boiler
- Burn to heat and drive machinery, e.g., use in gasoline and diesel engines
- Burn to heat and use in electric power generation

Table 2.3 Heating value of 1 m^3 biogas

Materials	Amount
Liquid petroleum gas (LPG)	0.46 Kg
Benzene oil	0.60 Liter
Diesel	0.60 Liter
Fuel oil (A)	0.55 Liter
Firewood	1.50 Kg
Electricity	1.20 Kw-h

Source : Science and Technology Research Institute, Chiang Mai University [9]

Table 2.4 Biogas properties

Physical properties	Values
Estimated heating value (60% methane)	21 MJ/ m^3 (or 4185 Kcal/m^3)
Flame speed	0.25 m/s
Theoretical A/F rate	6.19 m^3a/m^3g
Burning temperature in air	650 °C
Ignition temperature of CH_4	600 °C
Heating value (Cp)	1.6 KJ/ m^3 °C
Density (P)	1.15 Kg/m^3

Source : Energy for Environment Foundation [10]

Note 1 Kcal is defined as the heat required raising the temperature of 1 kg (liter) of water by 1 degree Celsius.

The heating value for 1 m^3 of the biogas is shown in Table 2.3

2.3 Biogas production technology in Thailand

Biological Wastewater Treatment by microorganism can be categorized aerobic digestion and anaerobic digestion. [11]

2.3.1 Aerobic digestion

Organic matters are digested to become carbon dioxide and microorganism cells are grown up (about 50% of organic matter in wastewater is converted to microorganism cells), the digestion reaction is shown in Figure 2.2 Advantages of this treatment process are high wastewater treatment efficiency and short treatment time. Disadvantage is high treatment cost because air spray and excess microorganism sediment elimination are required. Moreover, this treatment process is

not efficiently used for high organic wastewater due to limitation of sufficiently oxygen supply to system.

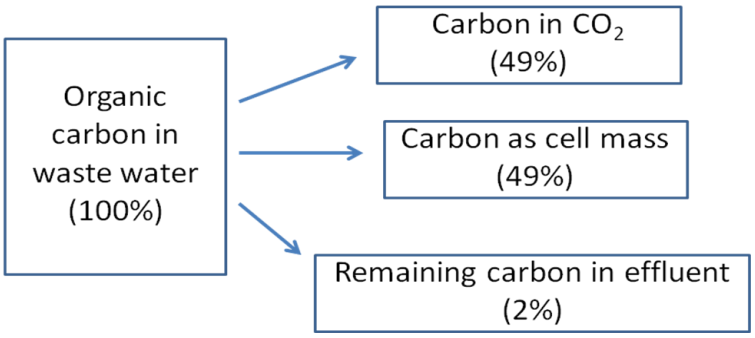


Figure 2.2 Organic matter digestions by aerobic digestion wastewater treatment

2.3.2 Anaerobic digestion

In this process, 80-90% organic matters in wastewater are digested to become methane and carbon dioxide which are biogas. The digestion reaction is shown in Figure 2.3.

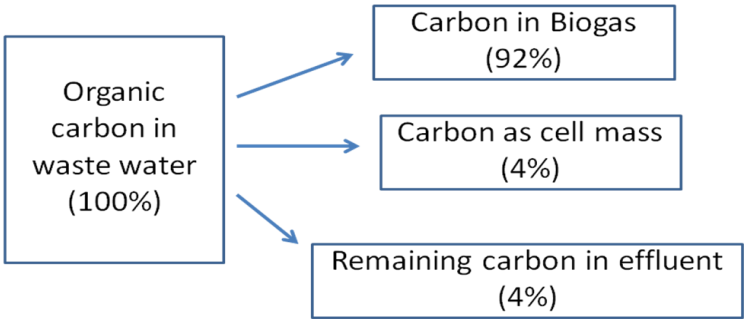


Figure 2.3 Organic matter digestions by anaerobic digestion wastewater treatment.

The anaerobic digestion wastewater treatment has 3 stages for biogas production as follow,

Stage 1 Hydrolysis. Large organic molecules still cannot be digested they have to be breakdown to small molecules. First bacteria which receive some nutrients from organic matter through directly uptake to cell, release enzyme to accelerate molecule breakdown.

Stage 2 Acidogenesis. Other bacteria, acid forming bacteria, convert breakdown molecules to organic acid such as acetic acid, water (H_2O) and carbon dioxide (CO_2). These bacteria can live in both oxygenic and non-oxygenic conditions.

Stage 3 Methanogenesis. In this stage, methanogens or methane forming bacteria convert acetic acid and hydrogen (H) to methane (CH_4) and carbon dioxide. These bacteria have to live in non-oxygenic condition (Obligate Anaerobic Bacteria). The amount of methane depends on amount of acetic acid from previous reaction.

2.3.3 Anaerobic Fixed Film Reactor, AFFR (Excellent Center of Waste Utilization and Management, King Mongkut's University of Technology Thonburi and National Center for Genetic Engineering and Biotechnology) [12]

It is high-rate anaerobic treatment system which has microorganism biofilm media in reactor. Mostly used media is nylon nets that orderly tauten inside reactor. Microorganism biofilm can reduce microorganism loss with treated wastewater (tapioca starch manufacturing wastewater has high suspend solid content which interrupt microorganism sedimentation result in no light and small microorganism sediment that easy to out of system). High amount of microorganism remain in system causes system has high efficiency, high stability and able to eliminate organic matter continuously. Moreover, system has fast recovery to normal condition if wastewater has shock organic loading or even no wastewater feeding during long time seasonal plant shutdown.

Anaerobic Fixed Film Reactor is single stage system in which acid forming bacteria or hydrolysis bacteria and methanogens or methane forming bacteria equilibrium live together in same reactor. For wastewater from tapioca starch manufacturing, the Anaerobic Fixed Film system can take 6-8 kg COD/m^3-day of organic loading at 3-4 days HRT and produce gas as 0.4-0.5 m^3/kg eliminated COD. The produced biogas composes of 60% methane and the organic matter elimination efficiency is about 80-90%.

2.4 Safety in biogas usage [13]

Biogas is inflammable gas, the usage of biogas then needs carefulness to prevent hazards. Accidents mostly occur from equipment, carelessness of person and environment. Therefore, indicated sign, caution and personal protective equipment should be posted within biogas use and production areas. Biogas hazards can be categorized as

Hazard from gas poison, poison level of biogas depends on biogas compositions which are methane, carbon dioxide, Hydrogen sulfide and may include methyl mercaptan. The poisonous level of gases is summarized in Table 2.4 in which meaning of measuring units are following shown,

- MIO, Minimum Identifiable Odor, refers to minimum level of smelling.
- TLV-TWA, Threshold Limit Value-Time Weighted Average, refers to average concentration in 15 minutes that person can not work even day or week average value lower than TLV-TWA.

Table 2.5 Poisonous level of gas

Gas	Color	Oder	MIO (ppm)	TLV-TWA (ppm)	TLV-STEL (ppm)	Effect to body
Methane	None	None	-	Changeable	Changeable	Pass out
Hydrogen sulfide	None	Rotten egg	0.7	10	15	Poison
Methyl mercaptane	None	Garlic	0.5	0.5	Changeable	Poison
Carbon dioxide	None	None	-	5,000	30,000	Pass out

Poisonous level of hydrogen sulfide occurs when smell more than 10 ppm gas. Methane unless causes unconsciousness due to oxygen lack, it still continual affect to die if not transfer to outside and get oxygen in time. Before reach the poisonous level, body will shows some symptoms to indicates hazard when smell gas. The symptoms are shown in Table 2.6

Table 2.6 Physical symptoms indication when receive gas into body

Gas	Symptom
Carbon dioxide	headache, be dizzy, exhaust, sweat
Hydrogen sulfide	irritating to the eyes, convulsion
Methyl mercaptane	be queasy emetic convulsion

Another hazard of biogas is fire or explosion. The different fire extinguish for each gas component is required. For methane which has fire level of 5-15%, thus if there is biogas leak with methane concentration this range the spark must not be occurred. But if methane concentration is lower or higher than that range, the spark will not cause fire.

Besides biogas hazard, hazards may come from system control which mostly from pressure control in pipe is not in line with the design. The higher pipe pressure will cause the pipe explosion while vacuum in pipe due to excess gas suction will cause fermented reactor damage.

Problems or accidents in biogas production always come from system check and control such as machine use, working at height and insufficient ventilation. Therefore, biogas use is not only concerned when work with biogas production but also personal protective measure.

2.5 Hazard identification (regulation of Department of Industrial Works about hazard identification, risk assessment and risk management plan standard, 2543) [2]

2.5.1. Checklist is a method to identify hazard by use checklist form to check factory operation for hazard identification. Checklist form consists of work operation questions to check that the operation according to the design standard, operation standard or law. The results will be used for hazard identification.

2.5.2. What If Analysis is a procedure to study, analyze and review to identify hazard in work operations. The questions "What If" are used and find the answers to identify hazard from work operation in factory.

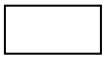
2.5.3. Hazard and Operability Study (HAZOP) is a technique to study, analyze and review to identify hazards and problems from work operation in factory. Analysis of hazards and problems of all systems which may from incomplete design, by posing questions to suppose production situation in different conditions follow the HAZOP Guide Words in Table 2.7 The HAZOP Guide Words are used assemble with designed production factors or defects and errors such as flow rate, temperature and pressure to identify hazards or problems in the production that may cause accidents or serious accidents.

Table 2.7 HAZOP Guide Words

HAZOP Guide Words	Operating Deviation
None	• No Flow • Reverse Flow • No Reaction
More	• Increased Flow • Increased Pressure • Increased Temperature • Increased Reaction Rate
Less	• Reduced Flow • Reduced Pressure • Reduced Temperature • Reduced Reaction Time
Part of, as well as Other	• Change of Ratio of Material Present • Different Material Present • Different Plant Conditions from Normal Operation • Start op • Shutdown • Relief chemicals or pressure • Instrumentation • Sampling • Utility Failure • Corrosion • Maintenance • Erosion • Grounding/Static

2.5.4. Fault Tree Analysis is hazard identification technique that emphasizes happened or possible accident or serious accident to analyze the event cause. It is deductive technique using logic principle to analyze the cause of accident or serious accident. The happened and possible accidents or serious accidents are first analyzed to find initial event. After that, the occurrence step of initial event is clarified to specify minor events. The analysis is stopped if the cause of minor events comes from error of machine, equipment or operation.

Table 2.8 Symbol that use in hazard identification analysis

Symbol	Name	Meaning
	AND Gate Many reasons	Event will be occurred from many reasons of minor events
	Or Gate At least one reason	Event will be occurred from at least one reason of minor events
	Basic Event Event that usually happen	Usually happen minor event which obviously known the cause without further analysis. It is regarded as initial cause of accident occurrence.
	Fault Tree Event Minor event	Minor event that cause continual event result in accident occurrence
	Undeveloped Event Event that cannot analyze further	Event that do not need further analysis due to have no support information
	External Event	External event or factor that are the cause of events

2.5.5. Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) is hazard identification technique that analyze failure and result. It is used for check machinery parts in each system and the result of machinery failure is then analyzed.

2.5.6. Event Tree Analysis is hazard identification technique to analyze and assess the continual effect after the initiating event. It is used for advance

predication to analyze continual result after machine damage or human error. Moreover, it is used to analyze the cause and chance of occurrence and also check the safety system.

2.6 Risk assessment (regulation of Department of Industrial Works about hazard identification, risk assessment and risk management plan standard, 2543) [2]

Consider how much the chance of event can occur. The chance is divided as 4 levels

Table 2.9 Chance level assignment for each event

Level	Specification
1	Rare opportunity to occur such as never occur in more than 10 years
2	Less opportunity to occur such as frequency of 1 time in 5-10 years
3	Moderate opportunity to occur such as frequency of 1 time in 1-5 years
4	High opportunity to occur such as frequency of more than 1 time in 1 year

Consider violence of each event that how much it causes the violence level that effect to person, community, asset or environment. It is divided into 4 levels as shown in Table 2.10

Table 2.10 Violence level assignments for each event that effect to human

Level	Violence	Specification
1	Less	Less injure in first aid level
2	Medium	Injure that must have medical heal
3	High	Severe injury or illness
4	Very high	Disabled or death

Table 2.11 Violence level assignments for each event that effect to community

Level	Violence	Specification
1	Less	Not effect to community around factory or less effect
2	Medium	Effect to community around factory and solve in short time
3	High	Effect to community around factory and need time to solve
4	Very high	Sever effect to community in wide area or government must manage to solve

Remark community effects mean annoyance to community, injure, illness and damage to community and peoples assets.

Table 2.12 Violence level assignments for each event that effect to environment

Level	Violence	Specification
1	Less	Less effect to environment, controllable or solvable
2	Medium	Moderate effect to environment, solvable in short time
3	High	Severe effect to environment, need time to solve
4	Very high	Very severe effect to environment, must use resources and time to solve

Remark environmental effects mean decadence and damage of environment such as air, earth or water source.

Table 2.13 Violence level assignments for each event that effect to assets

Level	Violence	Specification
1	Less	Less or no assets damage
2	Medium	Moderate assets damage and production can be continued
3	High	Severe assets damage and must stop production in some parts
4	Very high	Severe assets damage and must stop overall production

Remark the damage of assets in each level can be suitably assigned by consider the capability of the factory.

The risk level assignment considers result of opportunity level multiply by violence level that effect to person, community, asset or environment. If the violence level that effect to person, community, asset or environment is differs, choose higher risk level as risk assessment level of that event. The risk level is divided into 4 levels as shown in Table 2.14

Table 2.14 Hazard risk assignment

Risk level	Result	Meaning
1	1-2	Less risk
2	3-6	Acceptable risk, require review of control measure
3	8-9	High risk, require operation to decrease risk
4	12-16	Non-acceptable risk, stop operation and immediately rectify to decrease risk

2.7 Related researches

Chetsada Bumbadsok (2548) [14] studied the readiness of production operators for accident management from oil and gas uses. It was found that operators with different age, working experience and education have significantly differed in readiness of accident management knowledge from oil and gas uses. The old operators were not always had higher readiness for accident management from oil and gas uses but it was depend on personal responsibility. Moreover, everyone must get ready all the time for oneself safety when having accident from oil and gas.

Prapan Limlek (2547) [15] studied the application of quantity risk assessment to identify critical work and assign approach accident protection measure in natural gas production. It was found that 3 main components in risk level assignment; violence, possibility and operation frequency, can be used for identify critical work in natural gas production and assign the hazard protective measure to reduce critical working loss.

Pravit Tuytemvong (2547) [16] studied the risk assessment of methane from the upflow anaerobic sludge blanket (UASB) wastewater treatment. It was found that even UASB system can produce methane as renewable energy but also has leakage, inflammable gas diffusion, explosion and fire. Moreover, risk reduction measure by install sprinkler system, heat shelter in case of fire of structure and LPG control system and practice regulation in case of emergency and methane leakage are presented.

Pitti Bodklone (2548) [17] studied the risk assessment of fuel and LPG tank farm. It was found that elementary hazards of fuel and LPG tank farm came from leakage and fuel and LPG became vapor. After vapor diffuse and encounter spark source, explosion and fire will occur cause severe damage. Then the effects of these events were studied with quantity risk assessment and calculate as number to find the effect in each event. Moreover, the related mathematical model was written on Microsoft excel program to predict correct event and close to real event.

Supavat Tadacharumongkol (2551) [18] reported accident investigation the cause and protection of explosion of firing chamber which use liquid as thermal conductor and use biogas fuel. It was found that hazards and life and assets damage came from the cause that H_2S, CO_2 and moisture were not removed from biogas before feed to burner.

Torretta Vincenzo (2008) [19] studied about safety management in wastewater treatment system. The risk assessment was analyzed using FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) and FMECA (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis) techniques to assess environment effect. Moreover, the HAZOP (Hazard and Operability) technique was used to decrease factors that cause hazards. It was found that there was inflammable biogas leak in wastewater treatment area in case of unusual operation. The smoking, spark or using equipment that can spark was prohibited in this area. Well air ventilation and electricity equipment that do not cause spark must be used.

Vichai Pruktharathikul [20] study about risk assessment LPG, burst on Phetburitadmai road with Fault Tree Analysis technique. Thus important cause of accident occurrence be 1) truck no the standard and a truck that no design to keep for load a LPG bucket. 2) LPG bucket design for set up at the ground, when connection pipe from a bucket torns, gas within a bucket then leaks to come out quickly. 3) driver drive a truck with high speed until truck turns over.

Phanthawat Banchongsiricharoen [21] study about risk assessment in safety, health and environment of Petroleum Industry. The hazard method is selected as a tool to identify and assess the impact of risk associated with hazards. These hazards are classified into 28 categories. Delphi method is used to gather information from specialist and experienced persons in Petroleum Industry. Risk management is then performed to analyze the impact and the frequency of each hazardous group. A number of risk response strategies used to reduce the impact of each hazard group. The proposed table is useful for managing projects relate to the petroleum industry, particularly in the design and operation phases of the plant.

CHAPTER III
METHODOLOGY

Analysis and risk assessment of hazard in anaerobic fixed film system biogas production of tapioca starch manufacturing was studied. The detail of study is shown as follow,

3.1 Study area

3.1.1 Study area detail

Study information of a tapioca starch manufacturing in Chonburi province. The biogas production systems in this factory are 2 tanks of 6,000 m^3 Anaerobic Fixed Film Reactors (AFFR).

Figure 3.1 Anaerobic fixed film Reactor (AFFR) for biogas production system in tapioca starch manufacturing

Wastewater from tapioca starch manufacturing is treated in biogas production system; biogas is taken after wastewater is treated.

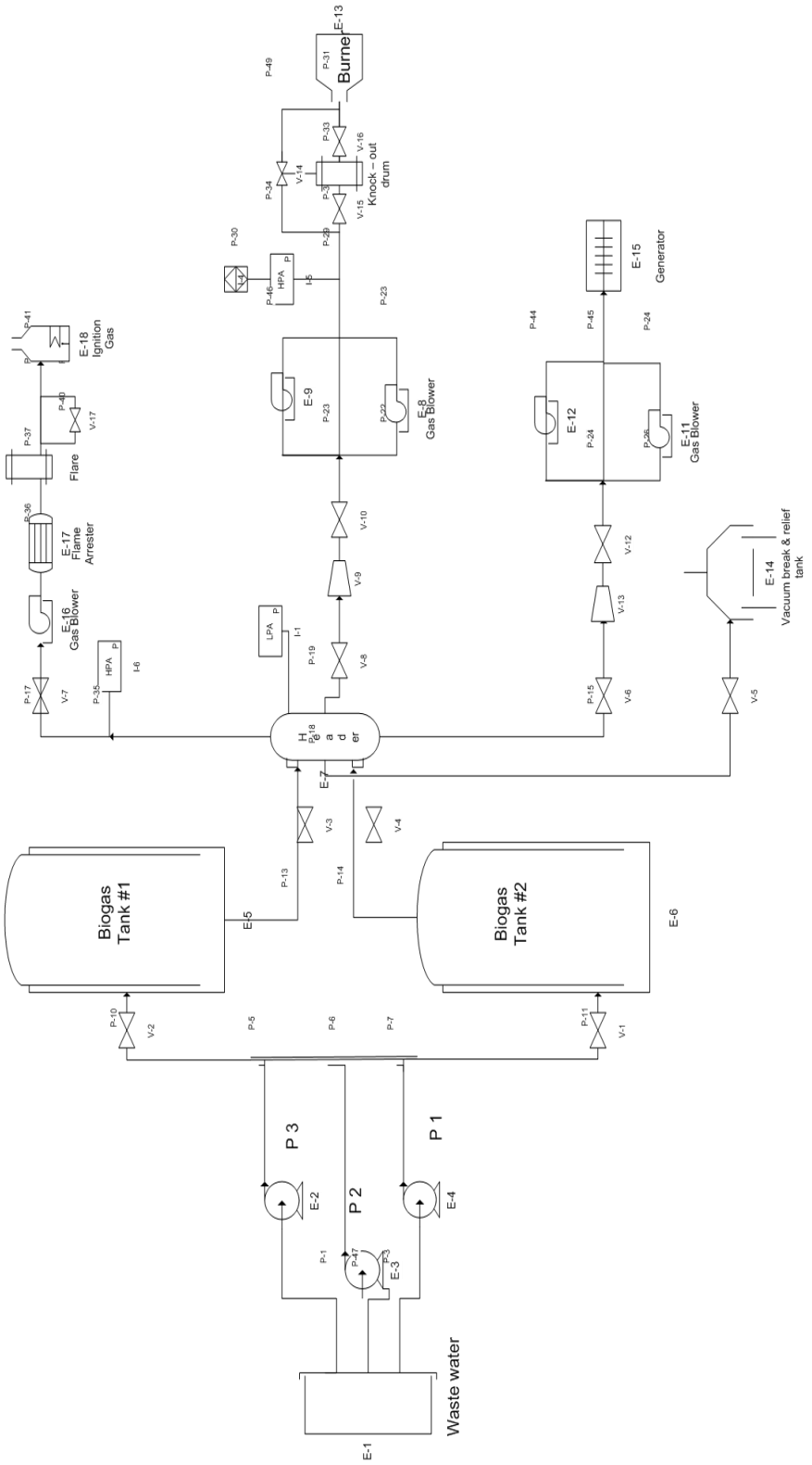


Figure 3.2 Biogas production system

Biogas production system consists of equipment for biogas production, reactor, and biogas usage such as blower which has safety equipment as show in Table 3.1

Table 3.1 Biogas production equipment

Equipment	Function
Anaerobic Fixed Film Reactor	Produce and storage biogas
Header	Control biogas pressure before send to burner, generator or flare
Gas blowers	Send biogas to burner, generator and flare
Knockout drum	Reduce biogas moisture
Flare	Burn excess biogas
Pump	Feed wastewater to reactor
Pressure control system	Control biogas pressure at header

3.1.2 Production process

The anaerobic fixed film biogas production system has detail as follow,

1. 100 m^3/hr of wastewater from tapioca starch manufacturing is send to a 4.5 x 4.5 x 2.5 m equalization tank or cesspool.
2. Wastewater is feed into bottom of reactor with 50 m^3/hr flow rate.
3. AFFR digest organic substance in wastewater and produce biogas which float to the top of reactor. Treated wastewater overflow through via to the next treatment.
4. Biogas has 10 mbar pressure and flow to stock gas for storage.
5. Deliver biogas to usage point.

- At burner, biogas is delivered by 300 mbar biogas blower1 which use 500 m^3/hr of biogas.

- At generator, biogas is delivered by 360 mbar biogas blower2 which use 1,000 m^3/hr of biogas.

6. Biogas passes through knock out drum to reduce moisture before deliver to usage point.

7. In case of header pressure reach 15 mbar, biogas blower3 at flare will suck biogas to burn out.

3.2 Working group

Study, analysis and review for hazard identification, risk assessment and risk management planning will be performed by

1. Design engineer of biogas production system
2. Maintenance engineer
3. Industrial Hygiene and Safety officer

3.3 Methodology

3.3.1 Preparation of risk and hazard elementary list

Preparation of risk and hazard elementary list will be studied in startup step, operation step and shutdown step for overall system.

Study, analysis and review of biogas production operating, storage and application will be collected to prepare risk and hazard elementary list and identify the effects to human, community, assets or environment to risk and hazard elementary list.

3.3.2 Hazard identification method

Perform hazard identification of the collected risk and hazard elementary list by Checklist, What If Analysis, Hazard and Operability Study (HAZOP), Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) and Event Tree Analysis. Event, accident and serious accident that may happen and the effects will be identified.

3.3.3 Risk assessment

Consider hazard identification data that identify failure and operation error for chance level and violence level of each event. The effect to human, community, assets and environment will be assessed. Multiply chance level to violence level that effect to human, community, assets or environment. If risks levels that effect to human, community, assets or environment are differ, choose higher risk level as result of risk assessment for that case.

In regards to the regulations of Department of Industrial Works about the hazards identification, risk assessment and risk management planning regulated in 2000, it has categorized the Chance of Incidents in 4 levels as per the Table 2.8 Level 1 will represent the rarest chance which means never happened within the past 10 years or more. In this research, due to this biogas production system has been using for less than 10 years, the Chance of Incidents has been re-categorized, by the committee, to suit the purpose of this research as follows :

Table 3.2 Chance level assignment for each event (re-categorized)

Level	Specification
1	Rare opportunity to occur such as never occur in more than 42 months
2	Less opportunity to occur such as frequency of 1 time in 21-42 months
3	Moderate opportunity to occur such as frequency of 1 time in 5-20 months
4	High opportunity to occur such as frequency of more than 1 time in 4 months

For assets damages, the committee has identified the amount of money equivalent to the level of damages as follows :

Table 3.3 Violence level assignments for each event that effect to community (re-categorized)

Level	Damages	Specification
1	Low	Small or no damage to the assets (< 20,000 Baht)
2	Moderate	Moderate damage and able to continue the productions (< 100,000 Baht)
3	High	Highly damage and partial production stopped (< 500,000 Baht)
4	Highest	Highest damage and total production stopped (> 500,000 Baht)

3.4 Risk management plan

Prepare plan to assign appropriate and effective safety measure for reduction and control hazard risk from biogas production and use to be certain that all measures will be operated usually.

CHAPTER IV
RESULTS

This research studies about the biogas production system of the tapioca starch manufacturing and collecting primary data related to the Anaerobic Fixed Film biogas production system and including all equipments and tools using in the system, quantity of produced biogas and the utilization of biogas by using Hazard and Risk Analysis.

From the hazard and risk analysis of biogas production system of tapioca starch manufacturing and found that the risks which may lead to major hazards can be divided into 5 major activities as follows :

1. Raw materials
2. Biogas production process
3. Tools and equipments
4. Maintenance and other activities
5. Environments

Table 4.1 List of Risks
Tapioca Starch Manufacturing
Date of the study, analyze and review of the operations in factory
June 1 – December 31, 2009

Factory operations		Risks and Hazards	Impact	Remarks
1.	**Raw materials** - Waste water	- Smell of waste water	- Employees and community suffered and annoyed	Checklist 1

Table 4.1 List of Risks (continue)

Tapioca Starch Manufacturing

Date of the study, analyze and review of the operations in factory

June 1 – December 31, 2009

Factory operations		Risks and Hazards	Impact	Remarks
2.	**Biogas production process**			
	- Waste water collecting and piping system	- Silt pond due to flour mud	- Colleting pond less capacity	What If 1
		- Leaking wall	- Waste water percolate into the ground	What If 1
		- Waste water is over pond capacity	- Waste water overflow to the drainer causing rancid and flow into public canal	What If 1
	- Biogas production system	- High pressure in system	- Tank breaks, waste water and biogas leak out	What If 2
		- Biogas contains too high hydrogen sulfate	- Equipments were eroded	What If 2
		- Biogas contains high humidity	- Water drops and moss covered equipments causing improper operations	What If 2

Table 4.1 List of Risks (continue)

Tapioca Starch Manufacturing

Date of the study, analyze and review of the operations in factory

June 1 – December 31, 2009

Factory operations	Risks and Hazards	Impact	Remarks
- Biogas piping	- Pressure in gas pipe was too high than normal	- Undurable pipe then crack, biogas leak out and catch fire easily	ETA 1
- Gas Ignition	- Pressure transmitter error	- Tank reactor crack due to high pressure	What If 4
	- No lighting gas	- Cannot clear up all biogas causing high pressure in the pipe then crack on tank reactor and gas pipe	
	- Too high temperature in gas ignition	- Fireproof cement crack and fall into air shaft, end shaft left opened, heat flow outside	What If 4

Table 4.1 List of Risks (continue)

Tapioca Starch Manufacturing

Date of the study, analyze and review of the operations in factory

June 1 – December 31, 2009

Factory operations		Risks and Hazards	Impact	Remarks
3.	**Machineries and Equipments**			
	- Waste water pump and piping	- Pump does not work	- Waste water overflow from collecting pond to the drainer and cause rancid then flow into public canal	What If 1
		- Sudden light out	- Waste water overflow from collecting pond to the drainer and cause rancid then flow into public canal	What If 1
		- Pump paddle lock cause by rust or soil blocked	- Waste water overflow from collecting pond to the drainer and cause rancid then flow into public canal	What If 1

Table 4.1 List of Risks (continue)

Tapioca Starch Manufacturing

Date of the study, analyze and review of the operations in factory

June 1 – December 31, 2009

Factory operations		Risks and Hazards	Impact	Remarks
		- Gas pipe leak, crack cause waste water overflow and percolate	- Waste water overflow to the drainer and public canal cause to community and environment hazard	What If 1
	- Reactor	- Crack on reactor due to high pressure inside lead to water and biogas leak out	- Biogas leak out and if high intensity of methane meet with sparkling fire then can catch fire easily and dangerous to employees, assets, community, and environment.	What If 2
		- Too low level of water at head tank	- Biogas leak out into the air and if meet with sparkling fire then can catch fire easily	What If 2

Table 4.1 List of Risks (continue)

Tapioca Starch Manufacturing

Date of the study, analyze and review of the operations in factory

June 1 – December 31, 2009

Factory operations		Risks and Hazards	Impact	Remarks
		- Biogas pipe crack	- Biogas leak out into the air and if meet with sparkling fire then can catch fire easily	
	- In case of no Close flare system	- Pressure in gas pipe is higher than normal standard	- Biogas leak out into the air and if meet with sparkling fire then can catch fire easily	What If 17
	- In case of no Flame arrester	- Back fire	- Back fire into the biogas pipe cause severe fire damage	What If 18
	- Flare Blower	- Not work properly, biogas with high pressure and leak out, high pressure in gas pipe	- Biogas leak out, high intensity of methane and sparkling can catch fire, danger to employees, assets, community, and environment.	HAZOP (node 1) due after risk assessment

Table 4.1 List of Risks (continue)

Tapioca Starch Manufacturing

Date of the study, analyze and review of the operations in factory

June 1 – December 31, 2009

Factory operations	Risks and Hazards	Impact	Remarks
- Flame arrester	- Back fire	- Back fire in biogas pipe but blocked by flame arrester, fire stop	HAZOP (node 2) due after risk assessment
- Stack Flare	- Temperature in gas burning is too high	- Fireproof cement crack and fall into air shaft, end shaft left opened, heat flow outside	HAZOP (node 3) due after risk assessment
- Gas Ignition	- No LPG	- High pressure in pipe and cannot burn out all biogas and cause explosion	HAZOP (node 4) due after risk assessment
- Roots blower	- Blower damage and does not work properly	- Noisy , if blower does not work it will cause high pressure and biogas leak out and if meet with sparkling, then can catch fire or explosion	FMEA 1

Table 4.1 List of Risks (continue)

Tapioca Starch Manufacturing

Date of the study, analyze and review of the operations in factory

June 1 – December 31, 2009

Factory operations		Risks and Hazards	Impact	Remarks
		- Blower stops due to short circuit	- High pressure, leaking and explosion, danger to employees, community, environment and assets	FMEA 1
	- Water seal tank	- Low level of water	- Biogas flow out, if meet sparkling fire can catch fire, danger to employees, community, environment and assets	What If 3
		- Rusty tank and eroded	- Water leak out cause bio-gas leak out, if meet sparkling then can catch fire easily	What If 3
		- High level of water in the tank	- Biogas cannot release then lead to high pressure in tank and crack	What If 3

Table 4.1 List of Risks (continue)

Tapioca Starch Manufacturing

Date of the study, analyze and review of the operations in factory

June 1 – December 31, 2009

Factory operations	Risks and Hazards	Impact	Remarks
- Close flare system	- Erosion	- If gas leaking, can catch fire or explosion, danger to employees, assets, community, and environment.	What If 4
- Gas filter tank	- Erosion	- If gas leaking, can catch fire or explosion, danger to employees, assets, community, and environment.	What If 5
- Knock out drum	- Eroded and crack equipments	- Biogas leak out, danger to employees, community, assets, and environment.	What If 6
- Pressure relief valve	- Equipment cannot release excess pressure	- Pressure keeping in pipe system, storage, danger to assets	ETA 1

Table 4.1 List of Risks (continue)

Tapioca Starch Manufacturing

Date of the study, analyze and review of the operations in factory

June 1 – December 31, 2009

Factory operations	Risks and Hazards	Impact	Remarks
- VPS	- Humidity and moss covered on equipments and eroded by hydrogen sulfide lead to unproper operations	- Explode in burning room	FMEA 2
- Burner	- Intensity of methane is less than 45%	- Explode in burning room	What If 15
	- Intensity of carbon dioxide is high	- Explode in burning room	What If 15
	- High humidity of biogas	- Explode in burning room	What If 15
	- Too much air in burning room	- Explode in burning room	What If 15
- Air Chiller	- Inadequate cool for condensing, biogas has high humidity	- Water drops on equipments and damages, equipments and cylinder were eroded, damage to assets and employees	What If 7 due after risk assessment

Table 4.1 List of Risks (continue)

Tapioca Starch Manufacturing

Date of the study, analyze and review of the operations in factory

June 1 – December 31, 2009

Factory operations		Risks and Hazards	Impact	Remarks
		- Low efficiency will less reduction of H_2S	- Left out sulfur in biogas will erode cylinder and other equipments, damage to assets	What If 8 due after risk assessment
	- Automatic drainer	- Spring stuck	- High humidity in biogas, safety equipment damage	What If 9
	- Generator	- Biogas contains high hydrogen sulfide	- Erode equipments	What If 10
		- Loud noise of generator	- Noise pollutions	What If 10
	- Storage gas	- Canvas HDPE leaking and tear, biogas leak out	- Biogas leak out, if methane has high intensity may catch fire and explosion, damage to employees, community, asset and environment.	What If 11 due after risk assessment

Table 4.1 List of Risks (continue)

Tapioca Starch Manufacturing

Date of the study, analyze and review of the operations in factory

June 1 – December 31, 2009

Factory operations		Risks and Hazards	Impact	Remarks
		- High grass around pond near by the Store	- Dry grass is easily catching fire	Checklist 2
4.	**Repairing, Maintenance and other activities**			
	- Fixing canvas	- Sparkling during fixing canvas	- Fire and danger to employees and assets	What If 12
	- Cutting and re-joint biogas pipe	- Sparkling during cutting pipe	- Fire and danger to employees and assets	What If 13
	- Cleaning to eliminate sulfur from biogas	- Smell of hydrogen sulfide	- Employees smell hydrogen sulfide and eye irritate and dizzy	What If 14
	- Maintenance in reactor tank	- Unbreathable inside the tank	- Danger to employees	What If 16
5.	**Environments**			
	- Noisy from blower and generator	- Loud noise of blower and generator	- Noise pollution towards employees	FMEA 1, What If 10

Table 4.1 List of Risks (continue)

Tapioca Starch Manufacturing

Date of the study, analyze and review of the operations in factory

June 1 – December 31, 2009

Factory operations	Risks and Hazards	Impact	Remarks
- Smell of waste water	- Smell of methane gas and hydrogen sulfide	- Air pollution towards employees, community and annoyed	Checklist 1

From the hazard and risk analysis of biogas production system in tapioca starch manufacturing, the risks and hazards are identified according to the work process in the factory as follows :

1. Raw materials

Polluted water will be analyzed by 16-item Checklist and found that there are 5 items did not in line with the regulations such as bad smell of polluted water, inadequate fire extinguishers, staff were untrained for the biogas knowledge and emergency plan when. The risks were leveled 1 and 2 as per the Checklist Table in Appendix A.

2. Biogas production processes including collecting system and waste water piping, bio-gas production system, biogas mainline system and biogas ignition system as follows details :

Collecting and waste water piping : the hazard and risk assessment was made by the What If Analysis method and found that waste water overflow to public canal or percolate into the ground, gas pipe cracked. The risk level is 1 as per the What If 1 in Appendix B.

Biogas production system : the hazard and risk assessment was made by the What If Analysis and found that pressure in tank reactor is too high, produced

biogas contains hydrogen sulfate and too high humidity. The risk levels are 2, 3 and 4 as per the What If 2 in Appendix B.

Biogas piping : the hazard and risk assessment was made by the Even Tree Analysis with an starting incident that pressure in the biogas pipe is higher than normal gauge, the hazard may happen if 3 equipments which are pressure transmitter, interlock and relief valve do not work properly at the same time. The pressure within the biogas pipe will be very high, the pipe will not be durable and break, biogas will leak out, catch fire easily and other equipments will be damaged. The level of risk is 2 as per the ETA 1 Table as Appendix E.

Biogas ignition system: the hazard and risk assessment was made by the What If Analysis and found that hazard may be caused by error or deterioration of equipments such as pressure transmitter present inaccurate figure lead to crack on high-pressure tank reactor then biogas leak out and may catch fire easily. The risk levels are 1 and 2 as per the What If 4 in Appendix B.

3. Machineries and equipments which included waste water pump and pipe, reactor, flare blower, flame arrester, stack flare, bas ignition, roots blower, gas filter tank, water sealed tank, knock out drum, pressure relief valve, value proving system, burner, air chiller, desulphurization, automatic drainer, generator and storage gas as per the following details :

Waste water pump and pipe : the hazard and risk assessment was made by What If Analysis and found that waste water overflow from collecting pond to public canal or percolate into the ground and gas pip cracked. The risk level is 1 as per the What If 1 in Appendix B.

Reactor : the hazard and risk assessment was made by What If Analysis and found that the pressure in the tank reactor was too high, biogas contains hydrogen sulfate and too high humidity**.** The risk levels are 2, 3 and 4 as per the What If 2 Table in Appendix B.

In case of no Close flare system : the hazard and risk assessment was made by What If Analysis and found that pressure in the biogas production system is very highly and leak into the air causing air pollution. The risk level is 4 as per the What If 17 Table in Appendix B**.**

In case of flare without Flame Arrester : the hazard and risk assessment was made by What If Analysis and found that during lighting with LPG which has higher pressure than biogas, it backfired into the pipe and cause fire. The risk level is 2 as per the What If 18 Table in Appendix B.

Flare Blower : the hazard and risk assessment was made by Hazard and the Operability Study (HAZOP) node 1 as per Figure C.1 found that pressure in the biogas production system is very highly but control valve not work. Biogas leak out, high intensity of methane and sparkling can catch fire, danger to employees, community, environment and assets. The risk level is 2 as per the HAZOP (node 1) Table in Appendix C.

Flame arrester : the hazard and risk assessment was made by Hazard and the Operability Study (HAZOP) node 2 as per Figure C.2 found some errors happened which are back fire and un-close control valve. The risk level is 1 as per the HAZOP (node 2) Table in Appendix C.

Stack Flare : the hazard and risk assessment was made by Hazard and the Operability Study (HAZOP) node 3 as per Figure C.3 found some errors happened which are high temperature, low pressure and high pressure. The risk level is 2 as per the HAZOP (node 3) Table in Appendix C.

Gas Ignition : the hazard and risk assessment was made by Hazard and the Operability Study (HAZOP) node 4 as per Figure C.4 found some errors which may happened which are no flow, low flow and high flow. The risk levels are 1 and 2 as per the HAZOP 4 Table in Appendix C.

Roots Blower : the hazard and risk assessment was made by Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) as per the Figure D.1 found 9 equipments such as motor, belt, bearing and axle were non-maintenance and deteriorate. The risk levels are 1 and 2 as per the FMEA Table 1 in Appendix D.

Gas Filter Tank : the hazard and risk assessment was made by What If Analysis and found the equipments were eroded by hydrogen sulfate and lead to biogas leaking out, the filter is blocked and unable to reduce humidity of biogas properly. The equipments must be checked and cleaned regularly. The level of risk is 2 as per the What If 5 Table in Appendix B.

Water Sealed Tank : the hazard and risk assessment was made by What If Analysis and found that the tank break and water leaked out**.** When water level is low then cannot balance the pressure inside and cause to biogas leaking into the air which can catch fire easily. The level of risk is 2 as per the What If 3 Table in Appendix B.

Knock Out Drum : the hazard and risk assessment was made by What If Analysis and found that equipments were eroded by hydrogen sulfate and biogas leak out, lower drainer was blocked and unable to reduce the humidity of biogas. The level of risk is 2 as per What If 6 Table as Appendix B.

Pressure Relief Valve : the hazard and risk assessment was made by Even Tree Analysis with the starting incident which is the pressure within the biogas pipe is higher than standard level and found that the hazard may happen if 3 equipments which are pressure transmitter, interlock and relief valve do not work properly at the same time. The pressure within the biogas pipe will be very high, the pipe will not be durable and break, biogas will leak out, catch fire easily and other equipments will be damaged. The level of risk is 2 as per the ETA 1 Table in Appendix E.

Value Proving System (VPS) : the hazard and risk assessment was made by Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) as per the Figure D.2 and found that 17 parts such as solenoid, compression spring, safety valve coil were eroded by hydrogen sulfate. The level of risks are 1 and 4 as per the FMEA Table 2 in Appendix D.

Burner : the hazard and risk assessment was made by What If Analysis and found that methane gas intensity is low, carbon dioxide intensity is high, high humidity in biogas and too much air in the burner which can lead to an explosion. The risk levels are 2 and 3 as per the What If 5 Table in Appendix B.

Air Chiller : the hazard and risk assessment was made by What If Analysis and found that temperature of the water is too high and unable to reduce humidity of biogas. The risk levels are 1 and 3 as per the What If 7 Table in Appendix B**.**

Desulphurization : the hazard and risk assessment was made by What If Analysis and found that the pH of spraying water is too low, sprinkle is blocked, sulfur

is silted in the system and wall is eroded and cannot reduce intensity of hydrogen sulfide. The risk levels are 1, 2 and 3 as per the What If 8 Table in Appendix B.

Automatic Drainer : the hazard and risk assessment was made by What If Analysis and found that the spring was stuck and moss and cannot drain the water properly. The risk levels are 1, 2 and 3 as per the What If 9 Table in Appendix B.

Generator : the hazard and risk assessment was made by What If Analysis and found that methane intensity is low, humidity and high intensity of hydrogen sulfide was found in biogas. The risk levels are 1, 2 and 3 as per the What If 10 Table in Appendix B.

Storage Gas : the hazard and risk assessment was made by What If Analysis and found biogas leaked out because of tear in canvas, high pressure biogas, low level of water in canvas strip and can catch fire easily. The risk level is 2 as per What If 11 Table. The hazard and risk assessment was made by Checklist Analysis with 11 items and found that high grass around the pond near by the store which can catch fire easily. The risk level is 2 as per the Checklist 2 Table in Appendix B.

4. Repairing, Maintenance and other activities included fixing tear canvas, cutting and re-joint the biogas pipe, cleaning the system to eliminate sulfur and reactor maintenance as per following details :

Fixing tear canvas : the hazard and risk assessment was made by What If Analysis and found sparkling during cutting the canvas which can catch fire easily. The risk level is 2 as per What If 12 Table in Appendix B.

Cutting and re-joint the pipe : the hazard and risk assessment was made by What If Analysis and found sparkling during cutting which can catch fire easily. The risk level is 2 as per What If 13 Table in Appendix B.

Cleaning the system to eliminate sulfur : the hazard and risk assessment was made by What If Analysis and found that employees smelt, eyes irritated by sulfur and feel dizzy. The risk level is 2 as per What If 14 Table in Appendix B.

Inside reactor maintenance : the hazard and risk assessment was made by What If Analysis and found that employees smelt, eye irritate by hydrogen sulfide and feel dizzy as well as lack of oxygen due to work in a narrow work place. The risk level is 1 and 2 as per What If 16 Table in Appendix B.

5. Environments included noise pollution from roots blower and generator and bad smell of waste water as per following details :

Noise pollution from roots blower and generator : the hazard and risk assessment was made by Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) and found noise pollution when running the roots blower and generator. The risk level is 2 as per FMEA 1 and What If 10 respectively in Appendix D.

Bad smell of waste water : the hazard and risk assessment was made by Checklist Analysis and found that waste water turned rancid causing air pollutions towards employees and community. The risk level is 2 as per the Checklist 1 Table in Appendix A.

CHAPTER V
DISCUSSIONS

Risk identification is performed by segmentation within Tapioca starch factory according to list of hazard risk. Method for risk identification and assessment used are as following:

Checklist	2 lists
What If Analysis	18 lists
Hazard and Operability Study (HAZOP)	4 lists
Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)	2 lists
Event Tree Analysis	1 list

When consider result of risk identification and assessment in all process within biogas production system in tapioca starch production plant found 5 from 27 list that are in unacceptable level including:

1. No flare system lead to failure including: much amount of biogas is released to atmosphere; excess pressure was cause of break reactor tank structure and loss of energy without any benefit.
2. Reactor produce biogas with high content of hydrogen sulfide level lead to failure by such hydrogen sulfide was cause of high corrosive in equipment and unable works in normal condition.
3. Reactor produce biogas with high content of humidity lead to failure by this humidity and slime dirt of biogas will adhere to equipment and was cause of abnormal operation.
4. Solenoid Valve is fail by humidity, slime dirt of biogas and corrosion by hydrogen sulfide lead to equipment abnormal operation.
5. Compression spring is fail by humidity, adhered by slime dirt of biogas and corrosion by hydrogen sulfide lead to equipment abnormal operation.

High risk activities composing of 7 lists as following:

1. high pressure within reactor and not released out lead to failure that break of reactor tank structure from excess pressure as well as cause of waste water and biogas leakage.
2. Low pH value of spray water for trap hydrogen sulfide lead to failure by insufficient decrease hydrogen sulfide in biogas consequences of safety equipment corrosion and become abnormal operation.
3. Rigid of automatic drainer compression spring lead to failure by much amount of residue water in pipeline resist biogas flow, humidity in biogas is not reduced effect to abnormality operation of various equipment and potential to harm explosion.
4. Biogas that feeding to generator has high content of hydrogen sulfide level lead to failure by result of high corrosive to generator's piston and unable operate.
5. Methane that feed to Burner has concentration lower than 45% lead to failure by inconsistency operate of Burner and cause of explosion within combustion room.
6. Biogas that feed to Burner has high carbon dioxide concentration level lead to failure by inconsistency operates of Burner and cause of explosion within combustion room.
7. Biogas that feed to Burner has high humidity level lead to failure by inconsistency operates of Burner and cause of explosion within combustion room.

As conclusion above will see that potential cause of serious risk e.g. biogas leakage, high content of hydrogen sulfide level and high humidity level. Nature of accident including: fire, explosion of biogas during use, therefore, risk management plan is prepared as following:

- Risk reduction plan – 5 plans
- Risk control plan – 10 plans

Description of risk reduction plan, risk control plan and risk list with risk administration measure is shown as appendix F, G and H respectively.

5.1 Discussion of study design

5.1.1 Instrument error

This research is the risk assessment analysis by Checklist, What If Analysis, Hazard and Operability Study (HAZOP), Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) and Event Tree Analysis technique. Research has chosen to use each the technique follows the suitability of work character. But, some equipment that used the technique in risk assessment inappropriate to suit. Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) is hazard identification technique that analyze failure and result. It is used for check machinery parts in each system and the result of machinery failure is then analyzed. This study use FMEA technique 2 lists for analyze roots blower and valve proving system. This technique should use analytical other equipment such as Generator. Because of, generator is new equipment, be the equipment that import from foreign country and there is varied component that risk assessment team have no expert. Researcher has consulted an expert about the data that use to analysis.

5.1.2 Personal error

Before to be research, researcher and risk assessment team have not experience about equipment in biogas production system cause analytical the data has incorrectly. The working group that risk assessment must omniscient about data of equipment in the biogas production system. Then have operating training by specialize for this study can assess the risk has every completely.

5.1.3 Method error

Risk assessment according to regulation of Department of Industrial Works about hazard identification, risk assessment and risk management plan standard, 2543 considered how much the chance of event can occur. Which, chance level assignment for event that rare opportunity to occur is never occur in more than 10 years but biogas plant has been using for less than 10 years, the chance of incidents has been re-categorized, by the committee, to be rare opportunity to occur is never occur in more than 42 months. Amount 42 months get from the period of time that using biogas production system. Thus after adjust the period of time to use assess the risk, then has the suitability and correspond usability.

5.2 Discussion of study results

Result of biogas production system risk assessment the biogas production system, anaerobic fixed film has biogas production rate at 800 cu. meters per hour. The area store biogas at the top of the tank reactor has capacity 2,000 cubic meters, however, tapioca flour production process is cannot continual run causing limitation of material sources. This is therefore excess production biogas will be released to atmosphere harm to environment since methane was greenhouse gas. Reactor tank structure maybe ruptured when faces with excess pressure as well as risk to fires when leakage biogas is reach sufficient level. Then identification risk by "What If Analysis 17" method and result was level 4 is considered unacceptable and shall immediately stop operation and correction to decrease potential risk.

Corrective action was made by flare which is able reduce biogas leakage, excess pressure, and potential risk to fire causing of accumulated biogas. Hazard of biogas flare, however, should be considered. Because the flame may flow back into the pipe line since gas pipeline is connected to reactor tank stored produced biogas and cause of serious fire. Therefore level risk is 2 when flame arrester is not installed and was acceptable level risk and will be decreased to level 1 when flame arrester is installed.

In the economic viewpoint, however, flare of biogas is also lost opportunities in alternative energy fuel. In order to reduce energy loss and release of carbon dioxide, therefore, construction of biogas storage tank is considered which benefit both economic and safety viewpoint.

Problem of humidity is still persist on usage of biogas on flour drying process and electric generation as well as problem from high content of hydrogen sulfide level. Humidity reduction devices such as automatic drainer installed along gas pipeline to point of use is unable reduce humid to sufficient level resulting effect to safety device, such as Solenoid valve, cause of condensate water is adhered at compression spring and result to valve is not closed off and consequences of leakage gas into flare at unwanted time and become exceeding rate when in time of use and also potential cause of explosion within combustion room. Correction, therefore, was made by install Air chiller system which found is able mitigate humidity problem and

cleaning time while increase life time of equipment as well as consequences to risk level is at acceptable level.

Desulphurization system is able decrease hydrogen sulfide level from 3,000-5,000 part per million to less than 500 part per million resulting to risk level become acceptable.

CHAPTER VI
CONCLUSION

This research is studying on the hazard of biogas production system since receiving waste water to using of biogas. Entrepreneur, therefore, should be taken to safety measure e.g. pressure measurement device, gas burner system, humidity reduction system and hydrogen sulfide etc. in order to reduce and control risk from biogas production system since most of these production system are continual running. In addition methane is inflammable gas has uncertain composition, therefore, adverse to life and property maybe occurred when lack of control and prevention.

6.1 Recommendation from this study

In biogas production system there are several safety equipments and devices for each activity e.g. Gas Blower, Flare, Flame arrester by has not sufficient information and researcher, in this study, having to consult with external technical expertise relating to characteristic, operation limitation, and potential problem and effect to safety in order to use these information in planning control to achieve high level safety.

Researcher found risk assessment technique used is not appropriate to some equipment types e.g. identification and risk assessment methods, What If Analysis, used to assess Generator it should be employed by Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) since lack of technical specification from foreign manufacturer, then, it necessary to use other unsuitable method. It is therefore attempt to consider all risk impact with consultant of equipment expert engineer and able mitigating certain level of biogas usage risk.

Tapioca starch production industry recently started using biogas production system as waste water treatment process and return energy for drying process, electric generation by has longevity not over 10 years. Therefore all related machine and equipments such as biogas production system, machine, and associated equipment is still in good condition and work as good resulting to result of low potential accident

assessment score. The research result will be different when re-assessment after 10 years longevity and additional information will be given.

6.2 Guidelines for further research

There are several type of Biogas production system from industrial waste water and waste from different industry are different impurity resulting to produced biogas has different characteristic or composition. Further research, therefore, should be taken to another industry to consider potential hazard. Hydrogen sulfide gas was important problem cause of using biogas with effect and resulting to high corrosive within machine when has high concentration. Biological desulphurization system that use Water Scrubbing method and resulting to biogas has high humidity, therefore, further study should be taken on development of Hydrogen sulfide removal system of biogas production system to get better performance.

Carbon dioxide also influences to combustion process in generator and further study should focus on removal of carbon dioxide in biogas.

Only one problem is found on Generator relating to hazard of biogas usage that is high corrosive at piston by Hydrogen sulfide. Since time for study is short and it will give more benefit when more study is conducted because biogas is more popular used as alternative power source.

Risk assessment on hazard of suspension tapioca flour explosion is should be done in tapioca flour production industry. Since the particle size of flour was only 45 micron and sensitive to explosion when sufficient humidity condition is not controlled. In addition there are almost of 100 tapioca starch production plants spread all over country, therefore, further study should be taken in order to mitigate potential hazard risk.

REFERENCES

1. กรมโรงงานอุตสาหกรรม, สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย. สรุปรายงานการตรวจสอบและสอบสวนอุบัติเหตุและอุบัติภัยในโรงงานอุตสาหกรรมปี 2546-2551.
2. กรมโรงงานอุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม. ระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรม ว่าด้วยหลักเกณฑ์การชี้บ่งอันตราย การประเมินความเสี่ยง และการจัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง พ.ศ. 2543.
3. Crowl, D. A., and Louvar, J. F. Chemical Process Safety. 2nd ed. The United States of America: Prentice Hall PTR, 2002.
4. พลังงานก๊าซชีวภาพ, หน้า 1-10 [online], http://www.charninenergy.com/pdf/biogas.pdf, [12-05-2008]
5. มหาวิทยาลัยมหิดล, ก๊าซชีวภาพ [online] http://student.mahidol.ac.th [09-03-2009]
6. สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ, 2542, **ข้อเสนอแผนโครงการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมแป้งข้าวเจ้า/ข้าวเหนียว**, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า (1-1)-(5-10).
7. Charuensak Rojanaritpichet, 5th editor Thai Junior Encyclopedia
8. กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2551. คู่มือกำกับดูแลโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง
9. สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ทฤษฎีก๊าซชีวภาพ [online], http://www.teenet.chiangmai.ac.th/btc/introbiogas.php, [12-05-2008]
10. มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม, ก๊าซชีวภาพ, ข้อมูลพื้นฐาน, ลักษณะสมบัติของก๊าซชีวภาพ, [online] http://www.efe.or.th/home.php [12-05-2008]
11. กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน, **เทคโนโลยีระบบผลิตก๊าซชีวภาพ**, หน้า 1-17 [online] http://www.network.4ae.com/tech.php [17-08-2008]

12. สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2546, **โครงการสำรวจและรวบรวมข้อมูลของการใช้น้ำและพลังงานในโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง**, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 5-10.

13. มรกต ตันติเจริญ, 2537, เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องการบำบัดของเสียโดยระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศในประเทศไทย, 62 หน้า

14. เจษฎา บำบัดโศรก, 2548, **ความพร้อมของพนักงานฝ่ายผลิตในการจัดการอุบัติเหตุเนื่องจากน้ำมันและก๊าซ : กรณีศึกษาบริษัท อัลลายแอนซ์ รีไฟน์นิ่ง จำกัด นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง**, วิทยานิพนธ์ปริญญารัฐประศาสนศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการบริหารทั่วไป มหาวิทยาลัยบูรพา

15. ประพันธ์ ลิ่มเล็ก, 2547, **การประยุกต์ใช้การประเมินความเสี่ยงเชิงกึ่งปริมาณเพื่อชี้บ่งงานวิกฤติและกำหนดมาตรการป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกในกระบวนการผลิตก๊าซธรรมชาติ**, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมความปลอดภัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 140 หน้า

16. ประวิชญ์ ตุ้ยเต็มวงศ์, 2547, **การประเมินความเสี่ยงของก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบระบบหมักแบบไร้ออกซิเจนอิสระ**, ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมความปลอดภัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 86 หน้า

17. ภิตติ บทกลอน, 2548, **การประเมินความเสี่ยงของคลังเก็บและจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงและก๊าซปิโตรเลียมเหลว**, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมความปลอดภัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 160 หน้า

18. ศุภวัฒน์ ธาดาจารุมงคล, 2551, **กรณีศึกษาสาเหตุและการป้องกันการระเบิดของห้องเผาไหม้หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน ซึ่งใช้ Biogas เป็นเชื้อเพลิง**, รายงานการสอบสวนอุบัติเหตุ, กรมโรงงงานอุตสาหกรรม

19. Torretta Vincenzo, **SAFETY MANAGEMENT OF WASTEWATER TREATMENT PLANTS. RELATION WITH THE MAJOR HAZARD INCIDENT DIRECTIVE,** Sanitary Engineering, Universita' dell' Insubria di Varese, Italy

20. วิชัย พฤกษ์ธาราธิกูล, 2543, **การประเมินความเสี่ยง ก๊าซ LPG ระเบิดบนถนนเพชรบุรีตัดใหม่**, หมวด 3, ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยมหิดล, หน้า 15-21.

21. พันธวัชร บรรจงศิริเจริญ, 2547, **การประเมินความเสี่ยงด้านความปลอดภัย สุขภาพ และสิ่งแวดล้อม สำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเลียม**, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมและการบริหารการก่อสร้าง, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 156 หน้า

APPENDICES

APPENDIX A
CHECKLIST

รายการตรวจสอบความปลอดภัย
โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง

Checklist 1 รายการตรวจสอบที่เกี่ยวข้องกับการรับน้ำเสีย/สถานที่บำบัดน้ำเสียเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ/สภาพทั่วไป

ข้อ	คำถาม	ผลการตรวจสอบ			บันทึกผลที่สำคัญ
		Yes	No	N/A	
1	น้ำเสียไม่มีกลิ่นรุนแรง	▪	✓		มีกลิ่นเหม็นเปรี้ยว
2	พนักงานมีอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่เหมาะสมเพียงพอ	✓			
3	พื้นที่โดยรอบบ่อรับน้ำเสียเป็นสถานที่เปิดโล่ง มีการระบายอากาศที่ดี	✓			
4	บ่อรับน้ำเสียไม่พบว่ามีการรั่วซึม	✓			
5	บ่อรับน้ำเสียมีขนาดเพียงพอในการรองรับน้ำเสียจากการผลิต	✓			
6	ปั๊มสูบน้ำเสียเข้าระบบบำบัดมีประสิทธิภาพ และขนาดเหมาะสม	✓			
7	ส่วนที่สูงของระบบบำบัดมีสายล่อฟ้า และมีการระบายอากาศดี	✓			
8	มีป้ายเตือนความปลอดภัยตามที่กฎหมายกำหนด คือ 1) ห้ามสูบบุหรี่ 2) ห้ามทำให้เกิดเปลวไฟ หรือประกายไฟ 3) ห้ามบุคคลภายนอกเข้า	 ✓ ✓ ✓			
9	มีรั้วกันพื้นที่อยู่ในสภาพแข็งแรง ทาสีขาว-แดงชัดเจนหรือไม่	✓			
10	มีถังดับเพลิงติดตั้งไว้ครบตามจำนวนที่กำหนด และมีชนิดที่เหมาะสม	▪	✓		พื้นที่ 800 ตร.ม. ต้องติดตั้งถังดับเพลิงที่สามารถดับเพลิงประเภทบี จำนวน 4 เครื่อง โดยแต่ละเครื่องห่างกันไม่เกิน 20 ม.
11	มีการจัดฝึกอบรมความรู้ และอันตรายของก๊าซชีวภาพ	▪	✓		ควรส่งพนักงานที่เกี่ยวข้องไปฝึกอบรมเกี่ยวกับการผลิต, การใช้ และการเก็บรักษาก๊าซชีวภาพเพื่อให้เกิดความเข้าใจและปฏิบัติงานอย่างถูกต้อง
12	สถานที่ผลิตก๊าซชีวภาพไม่มีหญ้าขึ้นรก	✓	▪		
13	อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในบริเวณระบบผลิตก๊าซชีวภาพเป็นแบบป้องกันการเกิดระเบิดหรือไม่	✓			
14	มีแผนฉุกเฉินกรณีเกิดเพลิงไหม้/ก๊าซชีวภาพรั่วไหล	▪	✓		ควรจัดทำแผนฉุกเฉินตามกฎกระทรวงเรื่องการกำหนดเงื่อนไขในการเก็บรักษา และการมีไว้ในครอบครอง ซึ่งสิ่งที่ทำให้เกิดอัคคีภัยได้ง่าย และกิจการอันอาจทำให้เกิดอัคคีภัยได้ง่ายและการจัดให้มีบุคคลและสิ่งจำเป็นในการป้องกันและระงับอัคคีภัย พ.ศ. 2548
15	บ่อบำบัดน้ำเสียเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพมีการก่อสร้างเป็นไปตามมาตรฐานหรือไม่				
	- เป็นถังคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความแข็งแรงเพียงพอ	✓			
	- มีการออกแบบเพื่อรับแรงดันของน้ำ และก๊าซที่บรรจุภายใน	✓			
16	มีการติดตั้งอุปกรณ์ความปลอดภัยครบถ้วนหรือไม่				
	- อุปกรณ์วัดความดัน (pressure differential transmitter)	✓			
	- อุปกรณ์ระบายความดัน (Pressure relief valve)	✓			
	- ระบบเผาก๊าซชีวภาพทิ้ง (Flare)	✓			

ผลการศึกษา และทบทวนการดำเนินงานในโรงงาน เพื่อการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี Checklist (Checklist 1)

พื้นที่ / เครื่องจักร / กระบวนการผลิต / ขั้นตอนการปฏิบัติ / กิจกรรม การรับน้ำเสีย/สถานที่บำบัดน้ำเสียเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ/สภาพทั่วไป

ตามแบบเอกสารหมายเลข รายการตรวจสอบที่เกี่ยวข้องกับการรับน้ำเสีย วันที่ทำการศึกษา 1 มิถุนายน - 31 ธันวาคม 2552

ผลจากการทำ Checklist	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง					ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
				โอกาส	ความรุนแรง					
					บ	ท	ส	ช		
1. กลิ่นของน้ำเสีย	- น้ำเสียมีกลิ่นเหม็นเปรี้ยว ทำให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญ	- ให้พนักงานสวมผ้าปิดจมูกป้องกันกลิ่น		3	1	1	1	2	6	2
2. ถังดับเพลิงมีจำนวนไม่เพียงพอในจุดที่จำเป็นต้องใช้งาน	- หากเกิดเพลิงไหม้ขึ้นไม่มีอุปกรณ์ตอบโต้ ซึ่งทำให้แก้ปัญหาได้ช้าเกิดการสูญเสียทั้งชีวิต และทรัพย์สิน	- จัดให้มีถังดับเพลิงชนิดผงเคมีแห้ง จำนวน 4 เครื่อง โดยแต่ละเครื่องห่างกันไม่เกิน 20 เมตร พร้อมทั้งตรวจสอบสภาพถังเป็นประจำทุกเดือน		1	2	2	2	2	2	1
3. พนักงานไม่ได้รับการฝึกอบรมความรู้เกี่ยวกับก๊าซชีวภาพ	- พนักงานปฏิบัติไม่ถูกต้องเกี่ยวกับการดูแลระบบผลิตก๊าซชีวภาพ ไม่ทราบถึงอันตราย ทำให้เกิดอันตรายต่อชีวิต และทรัพย์สินได้	- จัดฝึกอบรมให้ความรู้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้องโดยผู้เชี่ยวชาญ		1	2	2	2	2	2	1
4. ขาดการฝึกอบรมแผนฉุกเฉินกรณีเกิดเพลิงไหม้/ก๊าซมีเทนรั่วไหล	- ไม่มีการดำเนินการจัดการกรณีเกิดเพลิงไหม้/ก๊าซมีเทนรั่วไหล ทำให้ทรัพย์สินเสียหายและอาจสูญเสียชีวิต	- กำหนดแผนฉุกเฉินกรณีเกิดเพลิงไหม้ และป้องกันการรั่วไหลของก๊าซชีวภาพ		1	2	2	2	2	2	1

หมายเหตุ บ หมายถึง บุคคล
ท หมายถึง ทรัพย์สิน
ส หมายถึง สิ่งแวดล้อม
ช หมายถึง ชุมชน

รายการตรวจสอบความปลอดภัย
โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง

Checklist 1 รายการตรวจสอบที่เกี่ยวข้องกับการรับน้ำเสีย/สถานที่บำบัดน้ำเสียเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ/สภาพทั่วไป

ข้อ	คำถาม	ผลการตรวจสอบ			บันทึกผลที่สำคัญ
		Yes	No	N/A	
1	บ่อเก็บก๊าซชีวภาพใช้คอนกรีตเสริมเหล็กทำคับบ่อเพื่อความแข็งแรง	✓			
2	ส่วนที่เก็บน้ำเสียด้านล่างของบ่อมีการใช้ผ้าใบปูรอง เพื่อป้องกันการซึม, แพร่ของก๊าซมีเทนลงในดิน	✓			
3	มีการป้องกันการรั่วไหลของก๊าซมีเทนสู่บรรยากาศโดยการใช้แรงดันของน้ำ	✓			
4	ผ้าใบที่ใช้กักเก็บมีความแข็งแรง และเป็นชนิดที่ทนการกัดกร่อนของก๊าซชีวภาพได้	✓			
5	มีรั้วกันพื้นที่อยู่ในสภาพแข็งแรง ทาสีขาว-แดงชัดเจนหรือไม่	✓			
6	ท่อส่งน้ำเสียมีความแข็งแรงไม่มีรอยรั่วซึมของน้ำเสีย	✓			
7	ท่อส่งก๊าซชีวภาพเป็นชนิดที่เหมาะสมต่อการใช้งาน	✓			
8	บ่อเก็บก๊าซชีวภาพมีขนาดเพียงพอต่อการเก็บรักษา	✓			
9	สถานที่เก็บก๊าซชีวภาพไม่มีหญ้าขึ้นรก		✓		มีหญ้าขึ้นในพื้นที่ที่ไม่ได้ทำการเทคอนกรีต
10	มีป้ายเตือนความปลอดภัยตามที่กฎหมายกำหนด คือ				
	1) ห้ามสูบบุหรี่	✓			
	2) ห้ามทำให้เกิดเปลวไฟ หรือประกายไฟ	✓			
	3) ห้ามบุคคลภายนอกเข้า	✓			
11	มีถังดับเพลิงติดตั้งไว้ครบตามจำนวนที่กำหนด และมีชนิดที่เหมาะสม	✓	□		
12	ก๊าซมีเทนไม่มีโอกาสรั่วไหล	□	✓		LEL 5%, UEL 15%, Auto-Ignition Temperature 595 ^{o}C
13	อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในบริเวณระบบผลิตก๊าซชีวภาพเป็นแบบป้องกันการเกิดระเบิดหรือไม่	✓			
14	มีแผนฉุกเฉินกรณีเกิดเพลิงไหม้/ก๊าซชีวภาพรั่วไหล	□	✓		ควรจัดทำแผนฉุกเฉินตามกฎกระทรวงเรื่องการกำหนดเงื่อนไขในการเก็บรักษา และการมีไว้ในครอบครอง ซึ่งสิ่งที่ทำให้เกิดอัคคีภัยได้ง่าย และกิจการอันอาจทำให้เกิดอัคคีภัยได้ง่ายและการจัดให้มีบุคคลและสิ่งจำเป็นในการป้องกันและระงับอัคคีภัย พ.ศ. 2548

ผลการศึกษา และทบทวนการดำเนินงานในโรงงาน เพื่อการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี Checklist (Checklist 2)

พื้นที่ / เครื่องจักร / กระบวนการผลิต / ขั้นตอนการปฏิบัติ / กิจกรรม สถานที่เก็บก๊าซชีวภาพ

ตามแบบเอกสารหมายเลข รายการตรวจสอบที่เกี่ยวข้องกับสถานที่เก็บก๊าซชีวภาพ วันที่ทำการศึกษา 1 มิถุนายน - 31 ธันวาคม 2552

ผลจากการทำ Checklist	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง					ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
				โอกาส	ความรุนแรง					
					บ	ท	ส	ช		
1. มีหญ้าขึ้นรกบริเวณเค้นบ่อ	- ถ้าหญ้ามีปริมาณมาก และแห้งหากมีประกายไฟเกิดขึ้นอาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้	- จัดให้พนักงานทำการตัดหญ้าเป็นประจำ ไม่ให้หญ้ายาว		2	2	2	2	2	4	2
2. ก๊าซมีเทนเป็นก๊าซไวไฟ	- หากเกิดการรั่วไหลของก๊าซมีเทนเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม กรณีที่เกิดประกายไฟอาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้	- ตรวจสอบการรั่วซึมของท่อส่งแก๊สอย่างสม่ำเสมอ		2	4	4	3	2	8	3
3. ขาดการฝึกอบรมแผนฉุกเฉินกรณีเกิดเพลิงไหม้/ก๊าซมีเทนรั่วไหล	- ไม่มีการดำเนินการจัดการกรณีเกิดเพลิงไหม้/ก๊าซมีเทนรั่วไหล ทำให้ทรัพย์สินเสียหายและอาจสูญเสียชีวิต	- กำหนดแผนฉุกเฉินกรณีเกิดเพลิงไหม้ และป้องกันการรั่วไหลของก๊าซชีวภาพ		1	2	2	2	2	2	1

หมายเหตุ บ หมายถึง บุคคล
ท หมายถึง ทรัพย์สิน
ส หมายถึง สิ่งแวดล้อม
ช หมายถึง ชุมชน

APPENDIX B
WHAT IF ANALYSIS

Figure B.1 wastewater pump and piping

ผลการศึกษา และทบทวนการดำเนินงานในโรงงาน เพื่อการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี What If Analysis (What if 1)

พื้นที่ / เครื่องจักร / กระบวนการผลิต / ขั้นตอนการปฏิบัติ / กิจกรรม **ระบบรวบรวมและส่งน้ำเสีย**

ตามแบบเอกสารหมายเลข _____ วันที่ทำการศึกษา 1 มิถุนายน - 31 ธันวาคม 2552

คำถาม What If อะไ จะเกิดขึ้นถ้า..	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง					ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
				โอกาส	ความรุนแรง					
					บ	ท	ส	ช		
1. ปั๊มน้ำเสียไม่ทำงาน	- น้ำเสียล้นบ่อรวบรวมไหลลงท่อระบายน้ำ ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นเปรี้ยว และน้ำเสียไหลลงคลองสาธารณะ	- จัดเตรียมปั๊มสำรองไว้ใช้กรณีที่ปั๊มตัวใดตัวหนึ่งเสีย		1	1	1	2	2	2	1
2. ไฟฟ้าดับกระทันหัน	- น้ำเสียล้นบ่อรวบรวมไหลลงท่อระบายน้ำ ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นเปรี้ยว และน้ำเสียไหลลงคลองสาธารณะ	- ติดต่อฝ่ายผลิตเพื่อหยุดส่งน้ำเสีย		1	1	1	2	2	2	1
3. บ่อดินเนื่องจากตะกอนแป้งมีมาก	- บ่อรวบรวมน้ำเสียรองรับน้ำได้ปริมาณน้อยกว่าที่ควรจะเป็น	- ติดตั้งใบกวนเพื่อป้องกันไม่ให้แป้งตกตะกอนอยู่ก้นบ่อ		1	1	1	1	1	1	1
4. ผนังบ่อรั่วซึม	- น้ำเสียซึมลงไปในดิน	- ตรวจสอบการแตกร้าว รั่วซึมของบ่อรวบรวมน้ำเสีย		1	1	1	2	2	2	1
5. ปริมาณน้ำเสียมีมากกว่าขนาดบ่อจะรองรับได้	- น้ำเสียล้นบ่อรวบรวมไหลลงท่อระบายน้ำ ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นเปรี้ยว และน้ำเสียไหลลงคลองสาธารณะ	- วางแผนการใช้น้ำในกระบวนการผลิต ให้คงที่สม่ำเสมอ		1	1	1	2	2	2	1
6. ใบพัดปั๊มน้ำสึกหรอเกิดจากสนิมหรือดินทรายอุดตัน	- น้ำเสียล้นบ่อรวบรวมไหลลงท่อระบายน้ำ ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นเปรี้ยว และน้ำเสียไหลลงคลองสาธารณะ	- เปิดฝาหัวปั๊มและทำความสะอาดใบพัด		1	1	1	2	2	2	1
7. ท่อส่งน้ำเสียแตกร้าว	- น้ำเสียรั่วไหลออกจากท่อ ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นเปรี้ยว และน้ำเสียไหลลงคลองสาธารณะ	- ตรวจสอบการแตกร้าว รั่วซึมของท่อส่งน้ำเสีย		1	1	1	2	2	2	1

หมายเหตุ บ หมายถึง บุคคล
ท หมายถึง ทรัพย์สิน
ส หมายถึง สิ่งแวดล้อม
ช หมายถึง ชุมชน

Figure B.2 Anaerobic fixed film reactor

ผลการศึกษา และทบทวนการดำเนินงานในโรงงาน เพื่อการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี What If Analysis (What if 2)
พื้นที่ / เครื่องจักร / กระบวนการผลิต / ขั้นตอนการปฏิบัติ / กิจกรรม **ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ (Reactor)**
ตามแบบเอกสารหมายเลข _____ วันที่ทำการศึกษา 1 มิถุนายน - 31 ธันวาคม 2552

คำถาม What If จะเกิดอะไรขึ้นถ้า...	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง					ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
				โอกาส	ความรุนแรง					
					บ	ท	ส	ช		
1. ความดันภายในระบบผลิตสูงเกินและไม่ถูกลด/ระบายออก	- ถังผลิตแตกร้าว เนื่องจากความดันที่สูงเกินไป ทำให้น้ำเสีย และก๊าซชีวภาพรั่วไหลออก	- ตรวจสอบอุปกรณ์ลดและควบคุมความดัน เช่น water seal tank, flare ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานอยู่เสมอ	- จัดทำสถานที่เก็บก๊าซชีวภาพเพื่อลดภาระการรับแรงดันสูง กรณีที่มีก๊าซชีวภาพปริมาณมาก และระบายไม่ทันภายในบ่อผลิตก๊าซชีวภาพ	2	1	4	2	2	8	3
	- ท่อส่งก๊าซชีวภาพโก่ง/บวม									
	- โครงสร้างถ้าได้รับความเสียหายมาก จะไม่สามารถกักเก็บ/บำบัดน้ำเสีย และผลิตก๊าซชีวภาพได้									
2. ผ้าใบโดมที่หัวถังขาด	- ก๊าซชีวภาพรั่วไหลออกสู่บรรยากาศ ถ้ามีปริมาณมากและมีประกายไฟอาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้	- ตรวจสอบรอยรั่วซึมของผ้าใบอย่างสม่ำเสมอ	- ควรใช้พลาสติกชนิด PCV เนื่องจากมีความยืดหยุ่นดีกว่าเมื่อปริมาณก๊าซเพิ่ม/ลด	2	2	3	3	1	6	2
3. ระดับน้ำที่หัวถังมีปริมาณน้อยเกินไป	- ก๊าซชีวภาพรั่วไหลออกสู่บรรยากาศ ถ้ามีปริมาณมากอาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้	- ตรวจสอบระดับน้ำที่รางของโดมหัวถังไม่ให้น้อยกว่า 7 ซม.		2	2	3	3	1	6	2
4. ท่อส่งก๊าซชีวภาพแตกร้าว	- ก๊าซชีวภาพรั่วไหลออกสู่บรรยากาศ ถ้ามีปริมาณมากอาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้	- ตรวจสอบสภาพท่อส่งก๊าซชีวภาพ และความดันที่หัวถังไม่ให้สูงเกินไป		1	2	3	3	1	3	2
5. ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้มีปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงเกินไป	- ไปกัดกร่อนอุปกรณ์ต่างๆ ภายในระบบ	- ควบคุมการใช้ค่ามะถันในกระบวนการผลิตแป้งให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด	- จัดทำระบบกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์	4	4	4	1	1	16	4
	- เมื่ออุปกรณ์ความปลอดภัยเสียหายจะทำให้เกิดระเบิดในห่องเผาไหม้ขึ้น									

ผลการศึกษา และทบทวนการดำเนินงานในโรงงาน เพื่อการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี What If Analysis (What if 2)
พื้นที่ / เครื่องจักร / กระบวนการผลิต / ขั้นตอนการปฏิบัติ / กิจกรรม **ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ (Reactor)**
ตามแบบเอกสารหมายเลข _____ วันที่ทำการศึกษา 1 มิถุนายน - 31 ธันวาคม 2552

คำถาม What If จะเกิดอะไรขึ้นถ้า...	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง					ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
				โอกาส	ความรุนแรง					
					บ	ท	ส	ช		
6. ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้มีความชื้นสูงเกินไป	- ประสิทธิภาพในการเผาไหม้ต่ำ และน้ำจะไปขัดขวางการไหลของก๊าซชีวภาพ	- ติดตั้ง water trap ตลอดเส้นท่อส่งก๊าซชีวภาพ และตรวจสอบอุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน	- จัดทำระบบลดความชื้นของก๊าซชีวภาพ เช่น Air Chiller	4	4	3	1	1	16	4
	- หยดน้ำและเมือกสิ่งสกปรกจากก๊าซชีวภาพไปจับอุปกรณ์ต่างๆ ทำให้ไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ อาจทำให้เกิดอุบัติเหตุได้									

หมายเหตุ บ หมายถึง บุคคล
ท หมายถึง ทรัพย์สิน
ส หมายถึง สิ่งแวดล้อม
ช หมายถึง ชุมชน

Figure B.3 water sealed tank

ผลการศึกษา และทบทวนการดำเนินงานในโรงงาน เพื่อการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี What If Analysis (What if 3)

พื้นที่ / เครื่องจักร / กระบวนการผลิต / ขั้นตอนการปฏิบัติ / กิจกรรม WATER SEALED TANK

ตามแบบเอกสารหมายเลข _____ วันที่ทำการศึกษา 1 มิถุนายน - 31 ธันวาคม 2552

คำถาม What If จะเกิดอะไรขึ้นถ้า...	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง					ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
				โอกาส	ความรุนแรง					
					บ	ท	ส	ช่		
1. ระดับน้ำในถังต่ำเกินไป	- ก๊าซชีวภาพรั่วไหลออกมาภายนอก หากเกิดประกายไฟ หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าไม่เป็นชนิดป้องกันการเกิดระเบิดจะทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้	- ตรวจสอบระดับน้ำภายในถังให้อยู่ในระดับเหมาะสม	- ทำลูกลอยอัตโนมัติเมื่อระดับน้ำลดลงก็สามารถเติมลงไปเพิ่มให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมได้	1	2	3	2	1	3	2
2. ถังมีการรั่ว, แตกร้าว	- น้ำไหลซึมออกจากถัง ทำให้ก๊าซชีวภาพรั่วไหลออกภายนอกได้ หากเกิดประกายไฟ หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าไม่เป็นชนิดป้องกันการเกิดระเบิดจะทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้	- ตรวจสอบอุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานอยู่เสมอ		1	2	3	2	1	3	2
3. ถังเกิดสนิมจนผุกร่อน	- น้ำไหลซึมออกจากถัง ทำให้ก๊าซชีวภาพรั่วไหลออกภายนอกได้ หากเกิดประกายไฟ หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าไม่เป็นชนิดป้องกันการเกิดระเบิดจะทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้	- ตรวจสอบอุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานอยู่เสมอ		1	2	3	2	1	3	2
4. ระดับน้ำในถังสูงเกินไป	- ก๊าซชีวภาพไม่สามารถระบายออกได้กรณีที่มีปริมาณก๊าซชีวภาพสูง ทำให้ความดันภายในถังปฏิกรณ์สูง	- ตรวจสอบระดับน้ำภายในถังให้อยู่ในระดับเหมาะสม		1	2	3	2	1	3	2

หมายเหตุ

บ หมายถึง บุคคล
ท หมายถึง ทรัพย์สิน
ส หมายถึง สิ่งแวดล้อม
ช่ หมายถึง ชุมชน

Figure B.4 Close flare system

ผลการศึกษา และทบทวนการดำเนินงานในโรงงาน เพื่อการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี What If Analysis (What if 4)
พื้นที่ / เครื่องจักร / กระบวนการผลิต / ขั้นตอนการปฏิบัติ / กิจกรรม **ระบบเผาก๊าซชีวภาพทิ้ง (Closed Flare System)**
ตามแบบเอกสารหมายเลข _____ วันที่ทำการศึกษา 1 มิถุนายน - 31 ธันวาคม 2552

คำถาม What If จะเกิดอะไรขึ้น ถ้า...	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง					ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
				โอกาส	ความรุนแรง					
					บ	ท	ส	ช		
1. pressure transmitter อ่านค่าได้ไม่ถูกต้อง	- เกิดการแตกร้าวที่ถังปฏิกรณ์เนื่องจากความดันสูงเกินไป	- มีแผนการสอบเทียบเครื่องมือวัด		2	2	3	2	2	6	2
	- มีก๊าซชีวภาพรั่วไหลออกสู่บรรยากาศ ถ้าปริมาณมากและมีประกายไฟเกิดขึ้นอาจเกิดไฟไหม้ขึ้นได้	- ตรวจสอบอุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน								
2. ก๊าซจุดน้ำหมด	- ระบบไม่สามารถเผาก๊าซทิ้งได้ ทำให้ความดันภายในถังและเส้นท่อสูงเกินไป ทำให้เกิดการแตกร้าวที่ถังปฏิกรณ์ และท่อส่งก๊าซชีวภาพ	- ตรวจสอบความดันที่ถังก๊าซ LPG วามีปริมาณพร้อมใช้งาน		1	1	3	2	2	3	2
3. flame arresster ถูกกัดกร่อนเสียหาย ใช้งานไม่ได้	- เกิดเปลวไฟไหลย้อนกลับไปภายในเส้นท่อสู่ระบบผลิตก๊าซชีวภาพซึ่งเป็นเชื้อเพลิง ทำให้เกิดการระเบิดขึ้น	- ตรวจสอบอุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน และมีแผนการซ่อมบำรุงอุปกรณ์เพื่อป้องกันไม่ให้อุปกรณ์เสียหาย		1	4	4	4	4	4	2
4. อุณหภูมิในการเผาไหม้สูงเกินไป	- เซ็นเซอร์แตกร้าวหลนลงมาข้างล่างกระแทกอุปกรณ์ภายในปล่อง เช่น เทอร์โมมิเตอร์, flame detector เสียหาย	- วางแผนการป้อนน้ำเสียเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพให้เหมาะสมสำหรับการใช้งาน		2	1	3	1	1	6	2
5. ทำการจุดก๊าซชีวภาพแล้วไม่ติดไฟ	- ก๊าซชีวภาพถูกปลอยออกตลอดเวลา เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม และหากมีประกายไฟขึ้นจะทำการเกิดเพลิงไหม้ได้	- มี flame detector ตรวจจับเปลวไฟว่าจุดติดเรียบร้อย		2	2	3	3	3	6	2
6. flame detector เสีย ทำให้ไม่ทราบว่าจุดไฟติดแล้ว	- ก๊าซชีวภาพถูกปลอยออกตลอดเวลา เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม และหากมีประกายไฟขึ้นจะทำการเกิดเพลิงไหม้ได้	- ตรวจสอบอุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน		1	2	2	3	3	3	2

ผลการศึกษา และทบทวนการดำเนินงานในโรงงาน เพื่อการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี What If Analysis (What if 4)

พื้นที่ / เครื่องจักร / กระบวนการผลิต / ขั้นตอนการปฏิบัติ / กิจกรรม **ระบบเผาก๊าซชีวภาพทิ้ง (Closed Flare System)**

ตามแบบเอกสารหมายเลข _____ วันที่ทำการศึกษา 1 มิถุนายน - 31 ธันวาคม 2552

คำถาม What If จะเกิดอะไรขึ้น ถ้า...	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง					ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
				โอกาส	ความรุนแรง					
					บ	ท	ส	ช		
7. ไฟฟ้าดับขณะที่ก๊าซชีวภาพมีความดันสูง	- อ่านค่าความดันไม่ได้ ระบบเผาก๊าซทิ้งไม่สังงาน ทำให้ความดันภายในเส้นท่อสูง ทำให้สังปฏิกรณ์, ท่อส่งก๊าซ และอุปกรณ์ต่างๆ ได้รับความเสียหาย หากมีการรั่วไหลและมีประกายไฟอาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้	- ระบบเผาก๊าซชีวภาพทิ้งสามารถทำงานด้วยระบบ manual ได้โดยพนักงานควบคุม		2	1	3	2	1	6	2
6. เปลวไฟไหลย้อนกลับ	- ไฟลุกไหม้ผ่านท่อส่งไปยังสังปฏิกรณ์ที่มีก๊าซชีวภาพอยู่ปริมาณมาก ทำให้เกิดเพลิงไหม้รุนแรง เป็นอันตรายต่อชีวิต และทรัพย์สิน	- ติดตั้ง flame arrester		1	2	4	4	4	4	2
7. ซีลยางของวาล์วเปิดปิดชำรุด, หลวม	- ก๊าซชีวภาพรั่วไหลออกสู่บรรยากาศได้	- ตรวจสอบซีลยางของวาล์วเปิดปิดทางไฟฟ้าอย่างสม่ำเสมอ และทำความสะอาดหากมีคราบเมือกจากความชื้นของก๊าซชีวภาพ		1	1	1	2	1	2	1
8. น็อตยึดหน้าแปลนหลวม, สึกกร่อน	- ก๊าซชีวภาพถูกปล่อยออกตลอดเวลา เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม และหากมีประกายไฟขึ้นจะทำการเกิดเพลิงไหม้ได้	- ขันน็อตให้แน่น และตรวจสอบความเสื่อมสภาพของน็อตอย่างสม่ำเสมอ เนื่องจากก๊าซชีวภาพมี H2S อย่างทำให้สึกกร่อนได้	- ใช้วัสดุที่ทำจากสเตนเลสเพื่อป้องกันการเกิดสนิม และการกัดกร่อน	1	1	2	2	1	2	1

หมายเหตุ บ หมายถึง บุคคล
ท หมายถึง ทรัพย์สิน
ส หมายถึง สิ่งแวดล้อม
ช หมายถึง ชุมชน

ผลการศึกษา และทบทวนการดำเนินงานในโรงงาน เพื่อการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี What If Analysis (What if 5)
พื้นที่ / เครื่องจักร / กระบวนการผลิต / ขั้นตอนการปฏิบัติ / กิจกรรม **gas filter tank**
ตามแบบเอกสารหมายเลข _____ วันที่ทำการศึกษา 1 มิถุนายน - 31 ธันวาคม 2552

คำถาม What If อะไ จะเกิดขึ้นถ้า..	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง					ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
				โอกาส	ความรุนแรง					
					บ	ท	ส	ช่		
1. อุปกรณ์ถูกกัดกร่อนจากค้าช ชีวภาพที่มี H2S สูง	- มีก๊าซชีวภาพรั่วไหลออกมา ภายนอก กรณีที่ถูกกัดกร่อนเป็น รอยกว้าง ทาดเกิดประกายไฟอาจ ทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้	- ใช้วัสดุที่เป็นสเตน เลส และตรวจสอบ รอยผุกร่อน รั่วซึมของ อุปกรณ์อย่างสม่ำเสมอ		1	1	3	2	1	3	2
2. วัสดุกรองอุดตันเนื่องจากคราบ สิ่งสกปรกของก๊าซชีวภาพ	- roots blower ทำงานหนักขึ้น และอาจได้รับความเสียหายได้	- ตรวจสอบและทำ ความสะอาดวัสดุกรอง อย่างสม่ำเสมอ		1	1	2	2	1	2	1

หมายเหตุ
บ หมายถึง บุคคล
ท หมายถึง ทรัพย์สิน
ส หมายถึง สิ่งแวดล้อม
ช่ หมายถึง ชุมชน

Figure B.5 Knock out drum

ผลการศึกษา และทบทวนการดำเนินงานในโรงงาน เพื่อการป้องกันอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี What If Analysis (What if 6)
พื้นที่ / เครื่องจักร / กระบวนการผลิต / ขั้นตอนการปฏิบัติ / กิจกรรม **knock out drum**
ตามแบบเอกสารหมายเลข _____ วันที่ทำการศึกษา 1 มิถุนายน - 31 ธันวาคม 2552

คำถาม What If อะไ จะเกิดขึ้นถ้า..	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง					ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
				โอกาส	ความรุนแรง					
					บ	ท	ส	ช		
1. อุปกรณ์ถูกกัดกร่อนจากก๊าซชีวภาพที่มี H2S สูง	- ไม่สามารถลดน้ำ และทำความสะอาดก๊าซชีวภาพได้	- ใช้วัสดุที่เป็นสเตนเลส	- ติดตั้งระบบ air chiller และ ระบบกำจัด H2S	1	2	3	2	1	3	2
	- มีก๊าซชีวภาพรั่วไหลออกมาภายนอก กรณีที่ถูกกัดกร่อนเป็นรอยกว้าง	- ตรวจสอบรอยผุกร่อนรั่วซึมของอุปกรณ์อย่างสม่ำเสมอ								
	- กรณีที่รั่วไหลปริมาณมาก และเกิดประกายไฟอาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้									
2. ท่อปล่อยน้ำออกทางด้านล่างอุดตัน	- มีปริมาณน้ำค้างอยู่ภายในอุปกรณ์มาก ไปขัดขวางการไหลของก๊าซชีวภาพไปยังจุดใช้งาน	- ตรวจเช็ควาล์วโดยพนักงานหมั่นเปิด-ปิด ถ้าพบว่ามีการอุดตันให้ถอดล้างทำความสะอาดคราบเมือกสกปรกออก		1	3	4	2	1	4	2
	- ลดความชื้นของก๊าซชีวภาพไม่ได้ หยดน้ำไปเกาะเป็นคราบตะกรันที่อุปกรณ์ความปลอดภัยต่างๆ อาจทำให้เกิดการระเบิดขึ้นได้									

หมายเหตุ บ หมายถึง บุคคล
ท หมายถึง ทรัพย์สิน
ส หมายถึง สิ่งแวดล้อม
ช หมายถึง ชุมชน

Figure B.6 Air Chiller

ผลการศึกษา และทบทวนการดำเนินงานในโรงงาน เพื่อการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี What If Analysis (What if 7)

พื้นที่ / เครื่องจักร / กระบวนการผลิต / ขั้นตอนการปฏิบัติ / กิจกรรม **Air Chiller**

ตามแบบเอกสารหมายเลข _____ วันที่ทำการศึกษา 1 มิถุนายน - 31 ธันวาคม 2552

คำถาม What If อะไ จะเกิดขึ้นถ้า..	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง					ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
				โอกาส	ความรุนแรง					
					บ	ท	ส	ข่		
1. อุณหภูมิน้ำสูงเกินไป	- ลดความชื้นของค้าชชีวภาพได้ลดลง ได้ค่าความร้อนต่ำ	- ตรวจวัดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นให้มีค่าต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส	- หุ้มฉนวนกันความร้อนรอบแท็งค์น้ำเย็นและชุดควบแน่น	1	2	4	2	1	4	2
	- หยดน้ำไปเกาะเป็นคราบตะกรันที่อุปกรณ์ความปลอดภัยต่างๆ อาจทำให้เกิดการระเบิดขึ้นได้			1	2	4	2	1	4	2
2. มีการอุดตันของท่อน้ำเย็น	- ลดความชื้นของค้าชชีวภาพไม่ได้ หยดน้ำไปเกาะเป็นคราบตะกรันที่อุปกรณ์ความปลอดภัยต่างๆ อาจทำให้เกิดการระเบิดขึ้นได้	- เปลี่ยนถ่ายน้ำอย่างสม่ำเสมอ, เติมน้ำยาป้องกันคราบตะกรันและตะไคร่น้ำ		1	2	4	2	1	4	2
3. ปั๊มน้ำโหลเวี้ยนเสีย	- ลดความชื้นของค้าชชีวภาพไม่ได้ หยดน้ำไปเกาะเป็นคราบตะกรันที่อุปกรณ์ความปลอดภัยต่างๆ อาจทำให้เกิดการระเบิดขึ้นได้	- ตรวจสอบการทำงานของปั๊มน้ำให้พร้อมใช้งานเสมอ		1	2	4	2	1	4	2
4. ท่อส่งน้ำเย็นแตก, ร้าว	- ลดความชื้นของค้าชชีวภาพไม่ได้ หยดน้ำไปเกาะเป็นคราบตะกรันที่อุปกรณ์ความปลอดภัยต่างๆ อาจทำให้เกิดการระเบิดขึ้นได้	- ใช้วัสดุที่เป็นสเตนเลส		1	2	4	2	1	4	2
5. คอมเพรสเซอร์ไม่ทำงาน	- ลดความชื้นของค้าชชีวภาพได้ลดลง ได้ค่าความร้อนต่ำ	- ตรวจสอบระบบไฟฟ้า และขดลวดของมอเตอร์อย่างสม่ำเสมอ		1	2	4	2	1	4	2
	- หยดน้ำไปเกาะเป็นคราบตะกรันที่อุปกรณ์ความปลอดภัยต่างๆ อาจทำให้เกิดการระเบิดขึ้นได้			1	2	4	2	1	4	2

ผลการศึกษา และทบทวนการดำเนินงานในโรงงาน เพื่อการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี What If Analysis (What if 7)
พื้นที่ / เครื่องจักร / กระบวนการผลิต / ขั้นตอนการปฏิบัติ / กิจกรรม Air Chiller
ตามแบบเอกสารหมายเลข _____ วันที่ทำการศึกษา 1 มิถุนายน - 31 ธันวาคม 2552

คำถาม What If อะไ จะเกิดขึ้นถ้า..	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง					ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
				โอกาส	ความรุนแรง					
					บ	ท	ส	ช่		
6. มีน้ำยาในระบบน้อยเกินไป	- ลดความชื้นของห้องชั่วโมงภาพได้ลดลง ได้ค่าความร้อนต่ำ	- ตรวจสอบระดับน้ำยาให้เหมาะสม		1	2	4	2	1	4	2
	- ทอดน้ำไปเกาะเป็นคราบตะกรันที่อุปกรณ์ความปลอดภัยต่างๆ อาจทำให้เกิดการระเบิดขึ้นได้			1	2	4	2	1	4	2

หมายเหตุ บ หมายถึง บุคคล
ท หมายถึง ทรัพย์สิน
ส หมายถึง สิ่งแวดล้อม
ช่ หมายถึง ชุมชน

Figure B.7 Desulphurization

ผลการศึกษา และทบทวนการดำเนินงานในโรงงาน เพื่อการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี What If Analysis (What if 8)
พื้นที่ / เครื่องจักร / กระบวนการผลิต / ขั้นตอนการปฏิบัติ / กิจกรรม **ระบบกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์**
ตามแบบเอกสารหมายเลข _____ วันที่ทำการศึกษา 1 มิถุนายน - 31 ธันวาคม 2552

คำถาม What If อะไ จะเกิดขึ้นถ้า..	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง					ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
				โอกาส	ความรุนแรง					
					บ	ท	ส	ช		
1. ค่า pH ของน้ำที่ใช้สเปรย์เพื่อดักจับ H2S ต่ำ	- ไม่สามารถลดปริมาณ H2S ของก๊าซชีวภาพ	- ตรวจสอบ และควบคุมค่า pH ของน้ำที่ใช้สเปรย์ให้สูงกว่า pH 5		2	4	4	2	2	8	3
	- เกิดการกัดกร่อนอุปกรณ์เครื่องกลจนชำรุด	- เปลี่ยนถ่ายน้ำสเปรย์อย่างสม่ำเสมอ		2	4	4	2	2	8	3
	- เกิดการระเบิดเนื่องจากอุปกรณ์ความปลอดภัยต่างๆ ไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ	- ตรวจสอบอุปกรณ์ความปลอดภัยของ burner และ generator ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานอยู่เสมอ		2	4	4	2	2	8	3
2. springle อุดตัน	- น้ำดักจับ H2S กระจายไม่ทั่วถึง จึงมี H2S ตกค้างในก๊าซชีวภาพสูง ทำให้ไปกัดกร่อนอุปกรณ์เครื่องกลจนชำรุด	- มีแผนการบำรุงรักษาและทำความสะอาดหัว springle		2	1	2	1	1	4	2
3. ก๊าซถ่านตกตะกอนอยู่ภายในแท็งค์ปริมาณมาก	- ประสิทธิภาพในการกำจัด H2S ลดลง	- จัดทำแผนการดูแลเปลี่ยนถ่ายน้ำ และทำความสะอาดภายในระบบ		2	1	2	1	1	4	2
	- ตะกอนอุดตันระบบ			2	1	2	1	1	4	2
4. ผนังระบบถูกกัดกร่อน สึก	- น้ำภายในระบบรั่วซึมออกมาภายนอก และมีก๊าซถ่านปนเปื้อนออกมา	- ใช้วัสดุที่เป็นสเตนเลส และใช้สี epoxy ทาภายในเพื่อป้องกันการกัดกร่อนและรั่วซึม		1	2	3	2	2	3	2

ผลการศึกษา และทบทวนการดำเนินงานในโรงงาน เพื่อการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี What If Analysis (What if 8)
พื้นที่ / เครื่องจักร / กระบวนการผลิต / ขั้นตอนการปฏิบัติ / กิจกรรม **ระบบกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์**
ตามแบบเอกสารหมายเลข _____ วันที่ทำการศึกษา 1 มิถุนายน - 31 ธันวาคม 2552

คำถาม What If อะไ จะเกิดขึ้นถ้า..	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง					ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
				โอกาส	ความรุนแรง					
					บ	ท	ส	ช่		
	- ก๊าซมีเทน ร้าวซึมออกมา ถ้าปริมาณมาก และมีประกายไฟอาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้			1	2	3	2	2	3	2
	- ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์รั่วซึมออกมา ซึ่งมีกลิ่นเหม็น ทำให้เกิดการระคายเคืองระบบทางเดินหายใจได้			1	2	3	2	2	3	2
5. Circulation Pump ของระบบกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์ไม่ทำงาน	- ไม่มีการทำความสะอาดก๊าซชีวภาพ ปริมาณ H2S ของก๊าซชีวภาพสูง จนไปกัดกร่อนอุปกรณ์	- มีแผนการบำรุงรักษาและตรวจเช็คการทำงานของปั๊มน้ำ		2	1	2	1	1	4	2

หมายเหตุ
บ หมายถึง บุคคล
ท หมายถึง ทรัพย์สิน
ส หมายถึง สิ่งแวดล้อม
ช่ หมายถึง ชุมชน

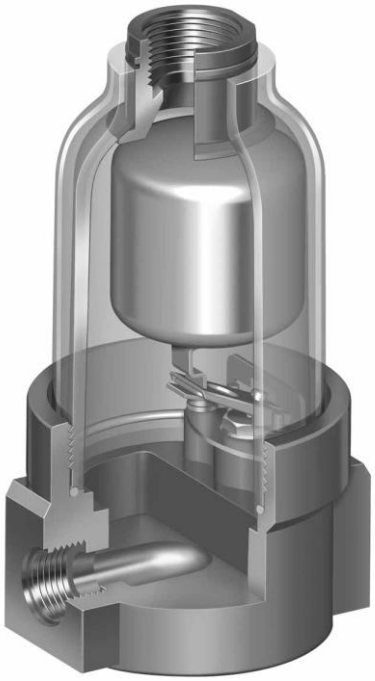


Figure B.8 Automatic drainer

ผลการศึกษา และทบทวนการดำเนินงานในโรงงาน เพื่อการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี What If Analysis (What if 9)
พื้นที่ / เครื่องจักร / กระบวนการผลิต / ขั้นตอนการปฏิบัติ / กิจกรรม **automatic drainer**
ตามแบบเอกสารหมายเลข _____ วันที่ทำการศึกษา 1 มิถุนายน - 31 ธันวาคม 2552

คำถาม What If อะไ จะเกิดขึ้นถ้า..	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง					ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
				โอกาส	ความรุนแรง					
					บ	ท	ส	ช่		
1. สปริงค้างแข็ง ไม่ยุบตัว	- มีน้ำค้างอยู่ในท่อปริมาณมาก ซึ่งขัดขวางการไหลผ่านของก๊าซชีวภาพ	- ตรวจสอบ และทำความสะอาดตามระยะเวลาที่กำหนด		2	1	3	2	1	6	2
	- ความชื้นของก๊าซชีวภาพไหลเมื่อกระทบกับอุปกรณ์ต่างๆ จะทำให้เกิดคราบตะกรัน/สกปรก ทำให้อุปกรณ์ทำงานผิดปกติ			2	1	3	2	1	6	2
	- อุปกรณ์ความปลอดภัยที่ไม่ทำงาน อาจส่งผลให้เกิดการระเบิดขึ้นได้			2	1	3	2	1	6	2
2. สปริงค้างแบบยุบลง ทำให้มีก๊าซชีวภาพรั่วไหลออกตลอดเวลา	- ก๊าซชีวภาพรั่วไหลออกสู่บรรยากาศ	- ตรวจสอบ และทำความสะอาดตามระยะเวลาที่กำหนด		2	1	3	2	2	6	2
3. มีตะไคร่อุดตันปลายท่อน้ำ	- น้ำไม่สามารถไหลออกได้ ไปขัดขวางการไหลผ่านของก๊าซชีวภาพ และทำให้ก๊าซชีวภาพมีความชื้นเพิ่มมากขึ้น	- ตรวจสอบ และทำความสะอาดตามระยะเวลาที่กำหนด		2	1	2	1	1	4	2
4. อุปกรณ์ถูกกัดกร่อนโดยก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์	- ไม่สามารถระบายน้ำออกได้ ทำให้ก๊าซชีวภาพมีความชื้นเพิ่มขึ้น และถ้าปริมาณน้ำมากจะไปขัดขวางการส่งก๊าซชีวภาพไปยังจุดใช้งาน	- ใช้อุปกรณ์ที่เป็นสเตนเลส และตรวจสอบอุปกรณ์อย่างสม่ำเสมอ	- ควรมีระบบกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์	2	1	2	1	1	4	2
5. อุปกรณ์ระบายน้ำไม่ทัน ทำให้มีน้ำค้างภายในท่อส่งก๊าซชีวภาพปริมาณมาก	- มีน้ำค้างอยู่ในท่อปริมาณมาก ซึ่งขัดขวางการไหลผ่านของก๊าซชีวภาพ	- ตรวจสอบสภาพของอุปกรณ์ และระยะห่างของการติดตั้งอุปกรณ์ให้มีความถี่ที่เหมาะสม	- ควรเพิ่มระบบลดความชื้นของก๊าซชีวภาพก่อนที่จะถึงจุดใช้งาน	2	1	2	1	1	4	2

หมายเหตุ บ หมายถึง บุคคล
ท หมายถึง ทรัพย์สิน
ส หมายถึง สิ่งแวดล้อม
ช่ หมายถึง ชุมชน

Figure B.9 Generator

ผลการศึกษา และทบทวนการดำเนินงานในโรงงาน เพื่อการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี What If Analysis (What if 10)
พื้นที่ / เครื่องจักร / กระบวนการผลิต / ขั้นตอนการปฏิบัติ / กิจกรรม generator
ตามแบบเอกสารหมายเลข _____ วันที่ทำการศึกษา 1 มิถุนายน - 31 ธันวาคม 2552

คำถาม What If อะไ จะเกิดขึ้นถ้า..	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง					ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
				โอกาส	ความรุนแรง					
					บ	ท	ส	ช		
1. ความเข้มข้นของมีเทนต่ำ	- ไม่สามารถเดินเครื่องปั่นไฟได้	- ควบคุมระบบผลิตก๊าซชีวภาพให้มีประสิทธิภาพดี	- ตรวจสอบสภาวะของระบบผลิตก๊าซชีวภาพและปรับปรุงโดยเติมยูเรียเมื่อระบบได้รับสารอาหารไม่เพียงพอ	2	1	1	1	1	2	1
2. ก๊าซชีวภาพมีความชื้นสูง	- มีหยดน้ำไปเกาะที่อุปกรณ์ทำให้สกปรกและอุดตันเครื่องจักรได้	- ติดตั้งอุปกรณ์ลดความชื้นของก๊าซชีวภาพ ตลอดทางส่งก๊าซชีวภาพมาใช้ประโยชน์	- ใช้ระบบ Air chiller เพื่อลดความชื้นของก๊าซชีวภาพ	3	1	2	1	1	6	2
3. ก๊าซชีวภาพมีปริมาณไฮโดรเจนซัลไฟด์สูง	- กัดกร่อนลูกสูบ ทำให้ไม่สามารถเดินเครื่องได้	- ติดตั้งระบบกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์		3	1	3	1	1	9	3
4. เสียงการทำงานของเครื่องยนต์ดังมาก	- พนักงานได้รับผลภาวะทางเสียง	- ตั้งเครื่องปั่นไฟให้อยู่ในห้องที่สามารถเก็บเสียงได้ และให้พนักงานที่ต้องปฏิบัติงานสวม PPE		3	2	1	1	1	6	2

หมายเหตุ
บ หมายถึง บุคคล
ท หมายถึง ทรัพย์สิน
ส หมายถึง สิ่งแวดล้อม
ช หมายถึง ชุมชน

Figure B.10 Storage gas

ผลการศึกษา และทบทวนการดำเนินงานในโรงงาน เพื่อการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี What If Analysis (What if 11)
พื้นที่ / เครื่องจักร / กระบวนการผลิต / ขั้นตอนการปฏิบัติ / กิจกรรม **storage gas**
ตามแบบเอกสารหมายเลข _____ วันที่ทำการศึกษา 1 มิถุนายน - 31 ธันวาคม 2552

คำถาม What If อะไ จะเกิดขึ้นถ้า..	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง					ผลสัพธ์	ระดับความเสี่ยง
				โอกาส	ความรุนแรง					
					บ	ท	ส	ช		
1. ค้ำชชีวภาพที่ผลิตได้มีปริมาณมากกว่าพื้นที่สามารถเก็บได้	- ค้ำชชีวภาพรั่วไหลออกทางช่ายผ้าใบ จนกระทั่งทำให้ผ้าใบฉีกขาดจากแรงดันของค้ำชชีวภาพ	- ทำการตรวจสอบรอยรั่วของผ้าใบเป็นประจำ และวางแผนการผลิต, การใช้ประโยชน์ให้มีความสมดุล เพื่อป้องกันการรั่วไหลของค้ำชชีวภาพ		2	1	3	3	2	6	2
2. มีน้ำขังอยู่ด้านบนผ้าใบ	- ทำให้เกิดการรั้งเมื่อมีปริมาณค้ำชชีวภาพมาก อาจทำให้ผ้าใบฉีกขาดได้	- ตรวจสอบสภาพของผ้าใบไม่ให้มีน้ำขัง หากมีให้ทำการถ่ายออก		2	1	3	3	2	6	2
3. เกิดลมแรงพัดทำให้ผ้าใบฉีกขาด	- ผ้าใบฉีกขาด ค้ำชชีวภาพรั่วไหลออกมา หากมีปริมาณมากและมีประกายไฟอาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้	- ทำเป็นโครงเหล็กขึ้นเพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ของผ้าใบกรณีที่ลมพัดแรง		2	1	3	3	2	6	2
4. ระดับน้ำที่ช่ายขอบอยู่ต่ำเกินไป	- ค้ำชชีวภาพสามารถรั่วไหลได้ หากมีปริมาณมากและมีประกายไฟอาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้	- ตรวจสอบปริมาณน้ำที่ขอบบ่อให้สูงคลุมช่ายผ้าใบอย่างน้อย 10 ซม.		1	2	3	3	2	3	2
5. ผ้าใบที่ใช้ไม่มีความแข็งแรงและฉีกขาดง่าย	- ค้ำชชีวภาพรั่วไหลได้ และมีอายุการใช้งานสั้น	- ใช้ผ้าใบชนิดที่มีความแข็งแรงชนิด HDPE และมีความหนาเหมาะสม		1	2	3	3	2	3	2

หมายเหตุ บ หมายถึง บุคคล
ท หมายถึง ทรัพย์สิน
ส หมายถึง สิ่งแวดล้อม
ช หมายถึง ชุมชน

ผลการศึกษา และทบทวนการดำเนินงานในโรงงาน เพื่อการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี What If Analysis (What if 12)

พื้นที่ / เครื่องจักร / กระบวนการผลิต / ขั้นตอนการปฏิบัติ / กิจกรรม **การซ่อมแซมรอยรั่วของผ้าใบ**

ตามแบบเอกสารหมายเลข _____ วันที่ทำการศึกษา 1 มิถุนายน - 31 ธันวาคม 2552

คำถาม What If อะไ จะเกิดขึ้นถ้า..	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง					ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
				โอกาส	ความรุนแรง					
					บ	ท	ส	ช		
1. เกิดประกายไฟขึ้นระหว่างที่ทำการเจียรผ้าใบ	- เกิดเพลิงไหม้ขึ้น	- ใช้อุปกรณ์ที่ไม่เกิดประกายไฟ และเว้นวรรคการเจียรเป็นช่วงเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความร้อนขึ้น หออุปกรณ์ด้วยผ้า	- พนักงานที่จะทำการซ่อมแซมต้องได้รับการฝึกอบรมการซ่อมแซมผ้าใบอย่างถูกวิธี	1	3	3	3	2	3	2
2. มีการสะสมของก๊าซมีเทนที่รั่วไหลอยู่บริเวณที่ทำการซ่อมแซม	- เกิดเพลิงไหม้ขึ้น	- ทำการไล่ก๊าซชีวภาพออกจากบริเวณจะที่จะทำการซ่อมแซม และตรวจสอบด้วยเครื่องวัดแก๊สรั่วว่าความเข้มข้นไม่อยู่ในระดับที่ติดไฟได้	- ควรมีเครื่องมือวัดการรั่วซึมของก๊าซไวไฟ	1	3	3	3	2	3	2

หมายเหตุ บ หมายถึง บุคคล
ท หมายถึง ทรัพย์สิน
ส หมายถึง สิ่งแวดล้อม
ช หมายถึง ชุมชน

Fac. of Grad. Studies, Mahidol Univ.

ผลการศึกษา และทบทวนการดำเนินงานในโรงงาน เพื่อการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี What If Analysis (What if 13)
พื้นที่ / เครื่องจักร / กระบวนการผลิต / ขั้นตอนการปฏิบัติ / กิจกรรม **การต่อท่อส่งก๊าซชีวภาพ**
ตามแบบเอกสารหมายเลข _____ วันที่ทำการศึกษา 1 มิถุนายน - 31 ธันวาคม 2552

คำถาม What If อะไ จะเกิดขึ้นถ้า..	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง					ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
				โอกาส	ความรุนแรง					
					บ	ท	ส	ช		
1. เกิดประกายไฟขึ้นระหว่างที่ทำการต่อท่อ	- เกิดเพลิงไหม้ขึ้น	- จะต้องทำการบล็อควาล์วป้องกันไม่ให้มีก๊าซชีวภาพส่งมายังจุดที่มีการต่อท่อ	- พนักงานที่จะทำการต่อท่อต้องได้รับการฝึกอบรมวิธีการต่อท่อ	1	3	3	3	2	3	2
2. มีการสะสมของก๊าซมีเทนที่รั่วไหลอยู่บริเวณที่ทำการต่อท่อ	- เกิดเพลิงไหม้ขึ้น	- ทำการไล่ก๊าซชีวภาพออกจากบริเวณจะที่จะทำการซ่อมแซม และตรวจสอบด้วยเครื่องวัดแก๊สรั่วว่าความเข้มข้นไม่อยู่ในระดับที่ติดไฟได้	- ควรมีเครื่องมือวัดการรั่วซึมของก๊าซไวไฟ	1	3	3	3	2	3	2

หมายเหตุ บ หมายถึง บุคคล
ท หมายถึง ทรัพย์สิน
ส หมายถึง สิ่งแวดล้อม
ช หมายถึง ชุมชน

ผลการศึกษา และทบทวนการดำเนินงานในโรงงาน เพื่อการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี What If Analysis (What if 14)

พื้นที่ / เครื่องจักร / กระบวนการผลิต / ขั้นตอนการปฏิบัติ / กิจกรรม **การทำความสะอาดระบบกำจัดกำมะถันจากก๊าซชีวภาพ**

ตามแบบเอกสารหมายเลข _____ วันที่ทำการศึกษา 1 มิถุนายน - 31 ธันวาคม 2552

คำถาม What If อะไ จะเกิดขึ้นถ้า..	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง					ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
				โอกาส	ความรุนแรง					
					บ	ท	ส	ช่		
1. มีปริมาณก๊าซ H2S สะสมอยู่ในระบบมาก	- พนักงานได้รับกลิ่นของก๊าซ H2S ทำให้เคืองตา และเวียนศีรษะ	- ทำการถ่ายน้ำออกจากระบบก่อน และเปิดระบายอากาศทิ้งไว้เพื่อถ่ายเทอากาศ และจัดหน้ากากป้องกันสารเคมีให้พนักงานสวมใส่ขณะปฏิบัติงาน		1	2	1	1	1	2	1

หมายเหตุ บ หมายถึง บุคคล
ท หมายถึง ทรัพย์สิน
ส หมายถึง สิ่งแวดล้อม
ช่ หมายถึง ชุมชน

Figure B.11 Burner

ผลการศึกษา และทบทวนการดำเนินงานในโรงงาน เพื่อการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี What If Analysis (What if 15)

พื้นที่ / เครื่องจักร / กระบวนการผลิต / ขั้นตอนการปฏิบัติ / กิจกรรม **Burner**

ตามแบบเอกสารหมายเลข _____ วันที่ทำการศึกษา 1 มิถุนายน - 31 ธันวาคม 2552

คำถาม What If อะไ จะเกิดขึ้นถ้า..	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง					ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
				โอกาส	ความรุนแรง					
					บ	ท	ส	ช		
1. ก๊าซมีเทนมีความเข้มข้นต่ำกว่า 45%	- เตาดับๆ ติดๆ อาจทำให้เกิดการสะสมของเชื้อเพลิง และอาจเกิดการระเบิดภายในห้องเผาไหม้ได้	- เลือกใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง	- มีการปรับปรุงระบบผลิตก๊าซชีวภาพให้ผลิตมีเทนที่มีความเข้มข้นสูงขึ้น	2	4	4	2	1	8	3
2. ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์สูง	- เตาดับๆ ติดๆ อาจทำให้เกิดการสะสมของเชื้อเพลิง และอาจเกิดการระเบิดภายในห้องเผาไหม้ได้	- เลือกใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง	- จัดทำระบบกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์	2	4	4	2	1	8	3
3. ก๊าซชีวภาพมีความชื้นสูง	- มีหยดน้ำไปเกาะที่อุปกรณ์ความปลอดภัยต่างๆ ทำให้ไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ อาจทำให้เกิดการระเบิดของ burner ได้	- ติดตั้งอุปกรณ์ลดความชื้นของก๊าซชีวภาพ และตรวจสอบการทำงาน	- จัดทำระบบ air chiller	2	4	4	2	1	8	3
4. มีปริมาณอากาศอยู่ในท่องเผาไหม้มากเกินไป	- ทำให้เกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เกิดก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ สามารถผลิตไฟได้ที่ความเข้มข้น 12.5-74% ซึ่งอาจทำให้เกิดการระเบิดในเตาได้ (back fire)	- ปรับแต่งหัวเผาให้มีสัดส่วนของอากาศเหมาะสม และควบคุมความเข้มข้นของก๊าซชีวภาพให้ได้ตามต้องการ หากไม่ได้ให้ใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง	- ควรมีอุปกรณ์ตรวจวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้	1	4	4	2	1	4	2

หมายเหตุ

บ หมายถึง บุคคล
ท หมายถึง ทรัพย์สิน
ส หมายถึง สิ่งแวดล้อม
ช หมายถึง ชุมชน

ผลการศึกษา และทบทวนการดำเนินงานในโรงงาน เพื่อการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี What If Analysis (What if 16)
พื้นที่ / เครื่องจักร / กระบวนการผลิต / ขั้นตอนการปฏิบัติ / กิจกรรม **การซ่อมบำรุงภายใน reactor**
ตามแบบเอกสารหมายเลข _____ วันที่ทำการศึกษา 1 มิถุนายน - 31 ธันวาคม 2552

คำถาม What If อะไ จะเกิดขึ้นถ้า..	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง					ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
				โอกาส	ความรุนแรง					
					บ	ท	ส	ช		
1. มีปริมาณก๊าซ H2S สะสมอยู่ในระบบมาก	- พนักงานได้รับกลิ่นของก๊าซ H2S ทำให้เคืองตา และเวียนศีรษะ	- ทำการถ่ายน้ำออกจากระบบคอน และเปิดระบายอากาศทิ้งไว้เพื่อถ่ายเทอากาศ และจัดหน้ากากป้องกันสารเคมีให้พนักงานสวมใส่ขณะปฏิบัติงาน		1	2	1	1	1	2	1
2. มีปริมาณอากาศน้อย	- พนักงานขาดอากาศหายใจ อาจหมดสติ หรือเสียชีวิตได้	- จัดให้มีพัดลมส่งอากาศเข้าไปภายใน reactor		1	4	1	1	1	4	2

หมายเหตุ บ หมายถึง บุคคล
ท หมายถึง ทรัพย์สิน
ส หมายถึง สิ่งแวดล้อม
ช หมายถึง ชุมชน

ผลการศึกษา และทบทวนการดำเนินงานในโรงงาน เพื่อการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี What If Analysis (What if 17)
พื้นที่ / เครื่องจักร / กระบวนการผลิต / ขั้นตอนการปฏิบัติ / กิจกรรม **กรณีไม่มี flare**
ตามแบบเอกสารหมายเลข _____ วันที่ทำการศึกษา 1 มิถุนายน - 31 ธันวาคม 2552

คำถาม What If อะไ จะเกิดขึ้นถ้า..	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง					ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
				โอกาส	ความรุนแรง					
					บ	ท	ส	ช		
1. ความดันของก๊าซชีวภาพในระบบสูงมาก	- ก๊าซชีวภาพรั่วไหลออกสู่บรรยากาศ	- ควบคุมอัตราการป้อนน้ำเสียให้มีความเหมาะสมกับปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพและพอดีกับพื้นที่จัดเก็บก๊าซชีวภาพ	- จัดสร้างระบบเผาก๊าซทิ้ง (flare) เพื่อระบายก๊าซชีวภาพส่วนเกิน ป้องกันการเกิดอันตรายทั้งต่อชีวิต, ทรัพย์สิน และสิ่งแวดล้อม	4	2	4	4	3	16	4
	- โครงสร้าง reactor แตกร้าว, เสียหาย วัสดุดักเก็บก๊าซชีวภาพ เช่น พลาสติกคลุมก๊าซเกิดการฉีกขาดเนื่องจากความดันที่สูง									
	- สูญเสียพลังงานก๊าซชีวภาพจากการรั่วไหลออก									
	- กรณีที่ก๊าซชีวภาพรั่วไหลออกมาปริมาณมาก และมีประกายไฟเกิดขึ้นอาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ หรือเกิดการระเบิดขึ้นได้ เป็นอันตรายต่อพนักงาน									

หมายเหตุ บ หมายถึง บุคคล
ท หมายถึง ทรัพย์สิน
ส หมายถึง สิ่งแวดล้อม
ช หมายถึง ชุมชน

ผลการศึกษา และทบทวนการดำเนินงานในโรงงาน เพื่อการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี What If Analysis (What if 18)
พื้นที่ / เครื่องจักร / กระบวนการผลิต / ขั้นตอนการปฏิบัติ / กิจกรรม **กรณีมี flare แต่ไม่มี flame arrester**
ตามแบบเอกสารหมายเลข _____ วันที่ทำการศึกษา 1 มิถุนายน - 31 ธันวาคม 2552

คำถาม What If อะไ จะเกิดขึ้นถ้า..	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง					ผลสัพธ์	ระดับความเสี่ยง
				โอกาส	ความรุนแรง					
					บ	ท	ส	ช		
1. ขณะเริ่มจุดไฟโดย LPG มีแรงดันสูงกว่าค่าชชิวภาพที่ส่งมา	- เปลวไฟจากการจุดน่าไหลกลับไปในเส้นท่อ (back fire) ทำให้เกิดเพลิงไหม้อย่างรุนแรง	- ติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันเปลวไฟไหลย้อนกลับ (flame arrester) ระหว่าง flare stack และ blower เพื่อความปลอดภัยของชีวิตและทรัพย์สิน		1	4	4	4	3	4	2

หมายเหตุ
บ หมายถึง บุคคล
ท หมายถึง ทรัพย์สิน
ส หมายถึง สิ่งแวดล้อม
ช่ หมายถึง ชุมชน

APPENDIX C

HAZARD AND OPERABILITY STUDY

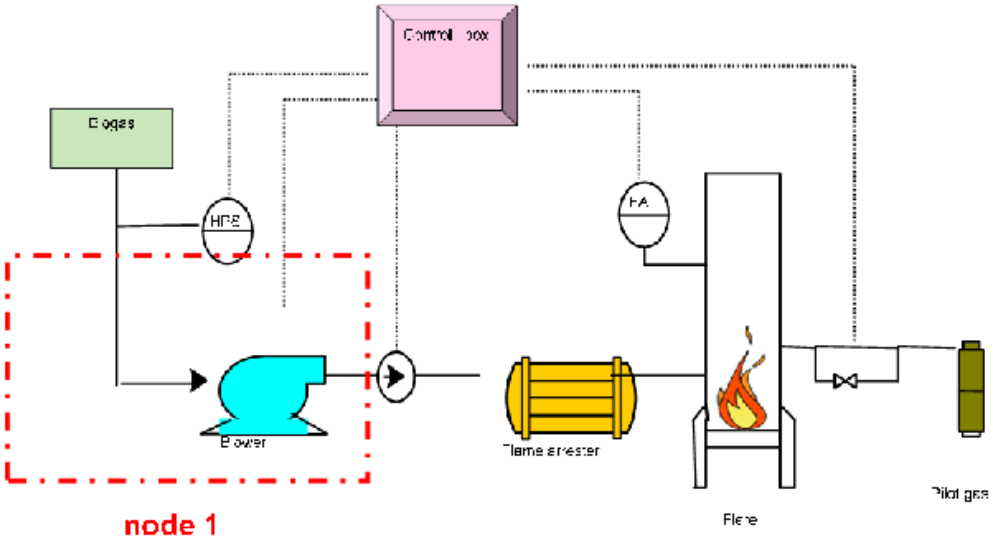


FIGURE C.1 FLARE BLOWER

ผลการศึกษา และทบทวนการดำเนินงานในโรงงาน เพื่อการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP HAZOP (node1)

หน่วย ระบบเผาก๊าซชีวภาพทิ้ง รายละเอียด flare blower

ปัจจัยการผลิต pressure, flow ค่าควบคุม 0-12 mbar, 250-300 m3/hr แบบแปลนหมายเลข

ข้อบกพร่อง	สถานการณ์จำลอง	เหตุการณ์ที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง					ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
					โอกาส	ความรุนแรง					
						บ	ท	ส	ช		
no flow	- มีน้ำค้างท่อปริมาณมาก ทำให้ก๊าซชีวภาพถูกกั้นไม่สามารถผ่านมาเผาทิ้งได้ ซึ่งทำให้ความดันไม่ลด	- โครงสร้างบ่อบำบัด แตกร้าว อุปกรณ์ต่างๆ ได้รับความเสียหาย	- ตรวจสอบอุปกรณ์ดักน้ำว่ามีการใช้งานปกติ (น้ำไหลได้) อย่างสม่ำเสมอ		1	1	3	3	1	3	2
		- ก๊าซชีวภาพรั่วไหลออกสู่บรรยากาศจากโดม, water seal tank ถ้าเกิดการสะสมและมีประกายไฟเกิดขึ้นอาจทำให้เกิดเพลิงไหม้			1	1	3	3	1	3	2
low flow	- มีก๊าซชีวภาพน้อย เนื่องจาก pressure transmitter อ่านค่าผิดพลาด โดยอ่านสูงกว่าความเป็นจริง (มากกว่า 10 mbar) ทำให้ชุดควบคุมการเผาก๊าซทิ้งสั่งให้ blower ทำงาน และสังจุดประกายไฟ	- เกิด back fire เนื่องจากเปลวไฟของก๊าซจุดน้ำมีปริมาณมากกว่าก๊าซชีวภาพที่จะทำการเผาทิ้ง	- แผนการสอบเทียบเครื่องมือ pressure transmitter อย่างสม่ำเสมอ		1	2	4	4	3	4	2
	- ใบพัด blower สึกกร่อนเนื่องจากก๊าซ H2S	- ลดความดันของก๊าซชีวภาพได้น้ำ ทำให้มีการรั่วไหลของก๊าซชีวภาพ	- ตรวจสอบอุปกรณ์และมีแผนการซ่อมบำรุงเครื่องมือให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน	- เดินท่อ by pass โดยไม่ผ่าน blower กรณีที่มีปริมาณก๊าซชีวภาพมาก และ blower ขัดข้อง	1	1	3	2	1	3	2

ผลการศึกษา และทบทวนการดำเนินงานในโรงงาน เพื่อการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP HAZOP (node1)

หน่วย ระบบเผาก๊าซชีวภาพทิ้ง รายละเอียด flare blower

ปัจจัยการผลิต pressure, flow ค่าควบคุม 0-12 mbar, 250-300 m3/hr แบบแปลนหมายเลข

ข้อบกพร่อง	สถานการณ์จำลอง	เหตุการณ์ที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง					ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
					โอกาส	ความรุนแรง					
						บ	ท	ส	ช		
high flow	- ปริมาณก๊าซชีวภาพมาก แต่วาล์วควบคุมการเปิด-ปิดก๊าซอัตโนมัติไม่ทำงาน	- ความดันภายในเส้นท่อสูง ทำให้อุปกรณ์ได้รับความเสียหาย และอาจทำให้น็อตที่ยึดหน้าแปลนต่างๆ หลุดจนก๊าซชีวภาพรั่วไหลปริมาณมาก			1	2	3	3	1	3	2
high pressure	- ปริมาณก๊าซชีวภาพมาก แต่ส่งไปเผาทิ้งไม่ทัน	- ลดความดันของก๊าซชีวภาพได้ช้า ทำให้มีการรั่วไหลของก๊าซชีวภาพ	- ตรวจสอบอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ ให้สมดุลกับปริมาณการใช้ประโยชน์ หากมีการใช้น้อย ให้ปรับปริมาณการป้อนน้ำเสีย	- จัดทำอุปกรณ์กักเก็บก๊าซชีวภาพ	1	1	1	3	1	3	2

หมายเหตุ บ หมายถึง บุคคล
ท หมายถึง ทรัพย์สิน
ส หมายถึง สิ่งแวดล้อม
ช หมายถึง ชุมชน

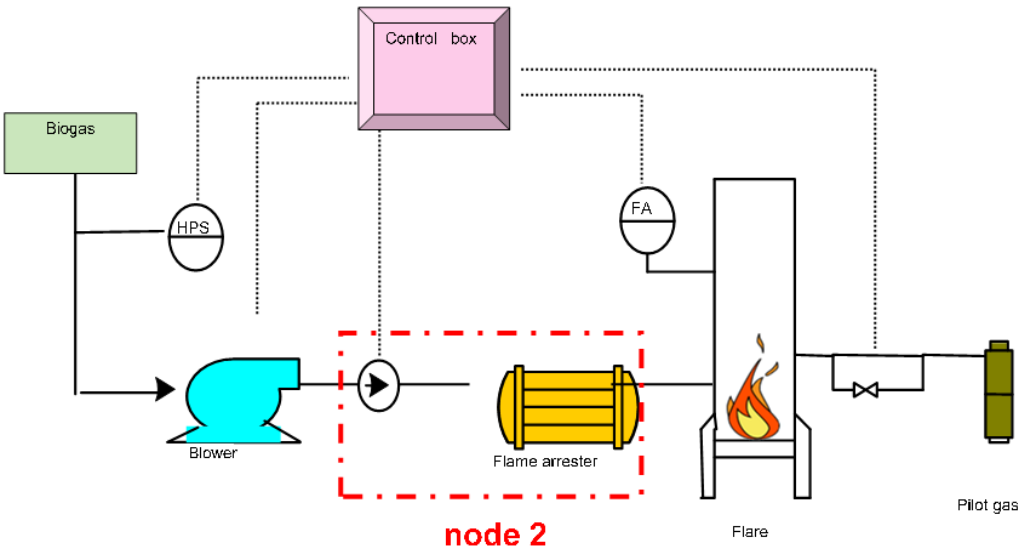


FIGURE C.2 FLAME ARRESTER

ผลการศึกษา และทบทวนการดำเนินงานในโรงงาน เพื่อการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP HAZOP (node2)

หน่วย ระบบเผาก๊าซชีวภาพทิ้ง รายละเอียด parameter back fire (back pressure)

ปัจจัยการผลิต ค่าควบคุม แบบแปลนหมายเลข

ข้อบกพร่อง	สถานการณ์จำลอง	เหตุการณ์ที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง					ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
					โอกาส	ความรุนแรง					
						บ	ท	ส	ช		
back fire	- ขณะเริ่มจุดไฟโดย LPG มีปริมาณ และแรงดันสูงกว่าก๊าซชีวภาพที่สงมา ทำให้เปลวไฟจากการจุดนำไหลกลับไปในเส้นท่อ	- เปลวไฟลุกกลับไปในเส้นท่อ แต่ถูกกั้นด้วย flame arrester เปลวไฟจึงดับไป	- ตรวจสอบอุปกรณ์ flame arrester ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน		1	1	1	1	1	1	1
control valve ไม่ปิด	- ไฟฟ้าดับ	- ความดันภายในเส้นท่อสูง ทำให้อุปกรณ์ได้รับความเสียหาย และอาจทำให้น็อตที่ยึดหน้าแปลนต่างๆ หลุดจนก๊าซชีวภาพรั่วไหลปริมาณมาก	- พนักงานสามารถใช้การทำงานแบบ manaul ได้หากเกิดไฟฟ้าดับกระทันหัน		1	1	2	2	1	2	1
	- ผู้ควบคุมการทำงานของ flare ไม่สั่งการให้ control valve ปิด	- ความดันภายในเส้นท่อสูง ทำให้อุปกรณ์ได้รับความเสียหาย และอาจทำให้น็อตที่ยึดหน้าแปลนต่างๆ หลุดจนก๊าซชีวภาพรั่วไหลปริมาณมาก	- ตรวจสอบอุปกรณ์ของชุด control valve ให้อยู่ในสภาวะพร้อมใช้งาน		1	1	2	2	1	2	1
	- ยางบวมทำให้ปิดไม่สนิท หรือมีเมือกสกปรกจากก๊าซชีวภาพ	- ความดันภายในเส้นท่อสูง ทำให้อุปกรณ์ได้รับความเสียหาย และอาจทำให้น็อตที่ยึดหน้าแปลนต่างๆ หลุดจนก๊าซชีวภาพรั่วไหลปริมาณมาก	- ตรวจสอบสภาพยางที่ใช้ seal อย่างสม่ำเสมอ		1	1	2	2	1	2	1

หมายเหตุ บ หมายถึง บุคคล
ท หมายถึง ทรัพย์สิน
ส หมายถึง สิ่งแวดล้อม
ช หมายถึง ชุมชน

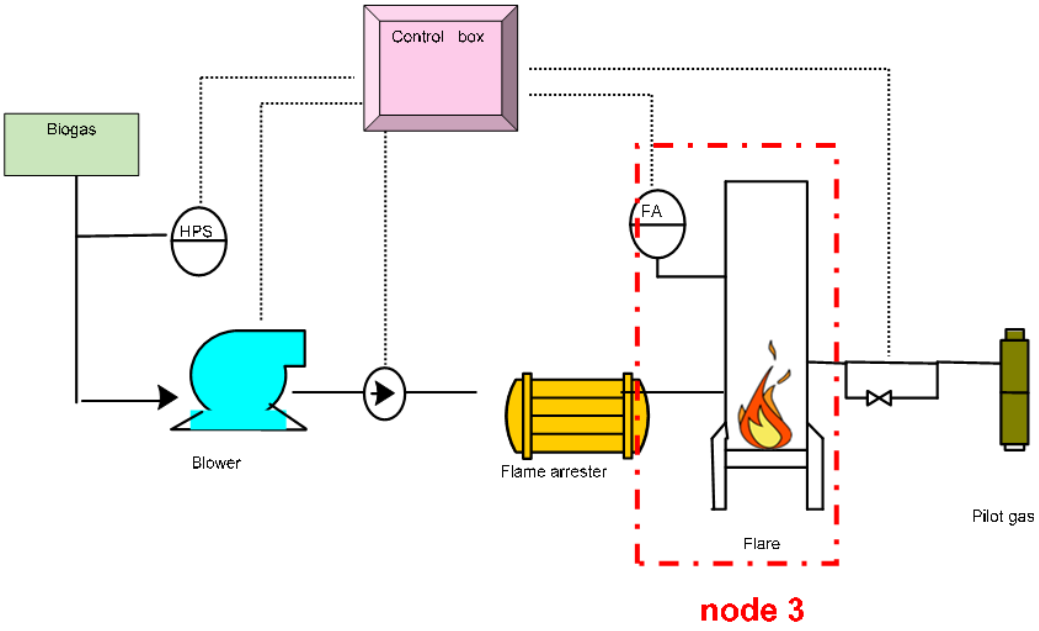


FIGURE C.3 STACK FLARE

ผลการศึกษา และทบทวนการดำเนินงานในโรงงาน เพื่อการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP HAZOP (node3)

หน่วย ระบบเผาก๊าซชีวภาพทิ้ง รายละเอียด จุดน่าไม่ติด, เกิด back fire

ปัจจัยการผลิต temperature ค่าควบคุม 600-800 °C แบบแปลนหมายเลข

ข้อบกพร่อง	สถานการณ์จำลอง	เหตุการณ์ที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง					ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
					โอกาส	ความรุนแรง					
						บ	ท	ส	ช		
high temp	- อุณหภูมิสูงเกิน 800 องศาเซลเซียส ทำให้เซรามิกที่ปิดปลายปล่องเพื่อป้องกันการแผ่รังสีความร้อนแตกร้าว	- เซรามิกแตก ร่วงหล่นลงมาข้างล่าง กระแทกอุปกรณ์ภายในปล่อง เช่น เทอร์โมมิเตอร์ flame detector เสียหาย	- ตรวจสอบสภาพของเซรามิกที่ปลายปล่องว่าอยู่ในสภาพสมบูรณ์		3	1	2	1	1	6	2
low pressure	- ความดันของก๊าซชีวภาพที่ส่งไปเผาทิ้งต่ำ ซึ่งเป็นช่วงเริ่มต้นของการเผาก๊าซทิ้ง	- เกิดเปลวไฟไหลย้อนกลับภายในเส้นท่อไปหาแหล่งเก็บเชื้อเพลิง ทำให้เกิดไฟไหม้อย่างรุนแรง เป็นอันตรายต่อชีวิต, ทรัพย์สิน, ชุมชน และสิ่งแวดล้อม	- ติดตั้ง flame arrester และตรวจสอบสภาพให้พร้อมใช้งานอยู่เสมอ		2	3	3	3	3	6	2
high pressure	- ความดันของก๊าซชีวภาพสูงแต่จุดน่าไม่ติดทำให้ไม่สามารถเผาก๊าซทิ้งได้	- ความดันภายในเส้นท่อสูง ทำให้อุปกรณ์ได้รับความเสียหาย และอาจทำให้น็อตที่ยึดหน้าแปลนต่างๆ หลุดจนก๊าซชีวภาพรั่วไหลปริมาณมาก	- ตรวจสอบการทำงานและปริมาณของก๊าซจุดน่า (LPG) ว่าอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน		2	1	2	2	1	4	2

หมายเหตุ บ หมายถึง บุคคล
ท หมายถึง ทรัพย์สิน
ส หมายถึง สิ่งแวดล้อม
ช หมายถึง ชุมชน

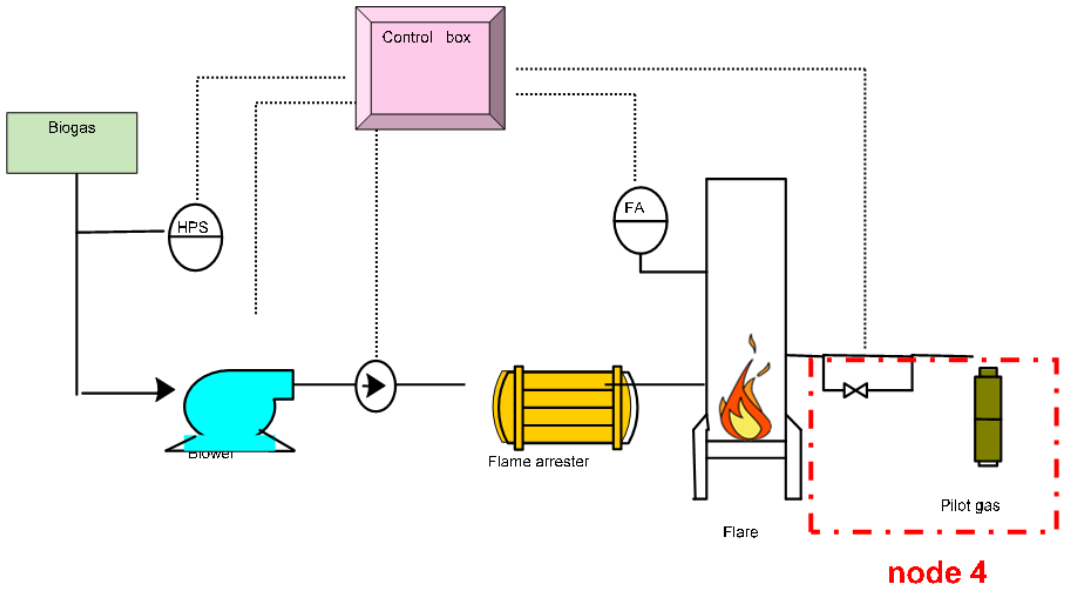


FIGURE C.4 GAS IGNITION

ผลการศึกษา และทบทวนการดำเนินงานในโรงงาน เพื่อการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP HAZOP (node4)

หน่วย ระบบเผาก๊าซชีวภาพทิ้ง รายละเอียด ถัง LPG

ปัจจัยการผลิต ความดัน, ปริมาณ ค่าควบคุม < 500 mm.H2O, 4 kg/hr แบบแปลนหมายเลข

ข้อบกพร่อง	สถานการณ์จำลอง	เหตุการณ์ที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง					ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
					โอกาส	ความรุนแรง					
						บ	ท	ส	ช		
no flow	- ไม่มี LPG ในถังแก๊ส ทำให้ไม่สามารถจุดก๊าซชีวภาพเพื่อเผาทิ้งได้	- ความดันภายในเส้นท่อไม่ลดลงทำให้เป็นอันตรายต่อโครงสร้างถังบ่าบัด	- ตรวจสอบแรงดันที่ pressure gage ที่ถังว่ามีปริมาณเพียงพอต่อการใช้		1	3	3	2	1	3	2
		- ก๊าซชีวภาพรั่วไหลออกสู่บรรยากาศ ก๊าซมีเทนเป็นก๊าซเรือนกระจก เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม	- ตรวจสอบ pressure gage ว่าอ่านค่าได้ถูกต้อง								
		- ก๊าซมีเทนถ้ารั่วไหลปริมาณมากและสัมผัสกับประกายไฟ อาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้									
low flow	- จุดไม่ติดไฟ เนื่องจากความดันสูงเกินไป	- ความดันภายในเส้นท่อไม่ลดลงทำให้เป็นอันตรายต่อโครงสร้างถังบ่าบัด			1	1	3	2	1	3	2
high flow	- pilot gas ถูกสั่งให้จุดแล้วแต่ก๊าซชีวภาพมีปริมาณน้อย	- เกิดเปลวไฟไหลย้อนกลับภายในเส้นท่อไปทำแหล่งเก็บเชื้อเพลิง ทำให้เกิดไฟไหม้อย่างรุนแรง เป็นอันตรายต่อชีวิต, ทรัพย์สิน, ชุมชน และสิ่งแวดล้อม	- ติดตั้ง flame arrester และตรวจสอบสภาพให้พร้อมใช้งานอยู่เสมอ		1	4	4	3	4	4	2

หมายเหตุ บ หมายถึง บุคคล
ท หมายถึง ทรัพย์สิน
ส หมายถึง สิ่งแวดล้อม
ช หมายถึง ชุมชน

APPENDIX D
FAILURE MODES AND EFFECTS ANALYSIS

Figure D.1 Roots blower

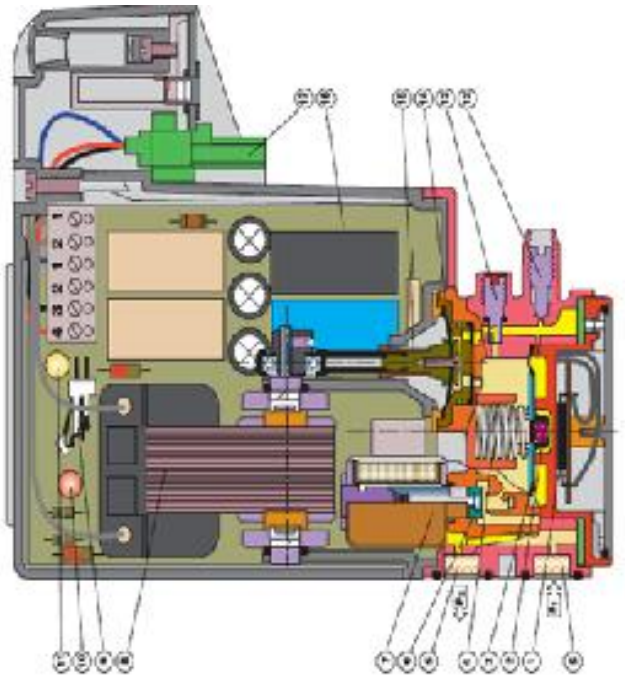
ผลการศึกษา และทบทวนการดำเนินงานในโรงงาน เพื่อการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี FMEA (FMEA 1)
พื้นที่ / เครื่องจักร / กระบวนการผลิต / ขั้นตอนการปฏิบัติ / กิจกรรม Roots Blower โรงงาน
ตามแบบเอกสารหมายเลข วันที่ทำการศึกษา

เครื่องจักรอุปกรณ์ / ระบบ	ความล้มเหลว	สาเหตุของความล้มเหลว	ผลที่จะเกิดขึ้น	มาตรการป้องกัน / ควบคุม / แก้ไข	การประเมินความเสี่ยง					ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
					โอกาส	ความรุนแรง					
						บ	ท	ส	ข		
1. มอเตอร์	- trip	- มอเตอร์ทำงานหนักเกินมาตรฐาน	- มอเตอร์หยุดทำงาน	- หมั่นทำการตรวจสอบกระแส, ความต้านทาน / เลือกใช้มอเตอร์ให้เหมาะสมกับกำลังส่ง มอเตอร์ต้องเป็นชนิดกันระเบิด (Explosion proof)	2	1	2	1	1	4	2
	- ขัดข	- มีความชื้นที่บริเวณขดลวด	- ทำให้เครื่องจักรส่วนอื่นหยุดทำงาน	- ตรวจสอบสภาพ case / จัดวางในสถานที่มีสิ่งปกคลุม / มีการ overall ขดลวด ปีละครั้ง	1	1	3	1	1	3	2
2. สายพาน	- ขาด	- ตำแหน่งระหว่างมอเตอร์กับ root blower ตึง หรือไม่ได้ arrangement	- Root blower & Motor หยุดทำงาน	- หมั่นตรวจสอบสภาพสายพาน / ตั้ง arrangement และความตึงให้เหมาะสม / เลือกใช้สายพานให้เหมาะสม	1	1	3	1	1	3	2
3. แบริ่งของชุดเพลาขับ	- แตก	- เนื่องจากไม่มีระบบหล่อลื่น	- Root blower & Motor หยุดทำงาน หรือเกิดเสียงดัง	- หมั่นทำการอัดจาระบี/วางแผนการทำระบบหล่อลื่น/จับอาฤการหล่อลื่น ว่าเมื่อไหร่ควรจะทำการหล่อลื่น	2	1	3	1	1	6	2
4. เพลาขับ	- คดหรือหัก	- เนื่องจากไม่มีระบบหล่อลื่น	- Root blower & Motor หยุดทำงาน หรือเกิดเสียงดัง	- หมั่นตรวจสอบสภาพการทำงานของเครื่องจักร/วัดค่าการทำงานของมอเตอร์ให้อยู่ในช่วงควบคุม และหมั่นหล่อลื่น	2	1	3	1	1	6	2
5. ใบพัด (Impeller)	- ไม่หมุน, แตก, หัก	- เกิดจากการ Start Stop บ่อย	- Root blower & Motor หยุดทำงาน หรือเกิดเสียงดัง	- เดินเครื่องอย่างต่อเนื่อง/หมั่นตรวจสอบสภาพใบพัด/คู่มือโมงการทำงานที่เหมาะสมกับการใช้งาน	2	1	3	1	1	6	2
6. แบริ่งของชุดเกียร์	- แตก	- เนื่องจากไม่มีระบบหล่อลื่น	- Root blower & Motor หยุดทำงาน หรือเกิดเสียงดัง	- หมั่นทำการอัดจาระบี/วางแผนการทำระบบหล่อลื่น/จับอาฤการหล่อลื่น ว่าเมื่อไหร่ควรจะทำการหล่อลื่น	2	1	3	1	1	6	2

ผลการศึกษา และทบทวนการดำเนินงานในโรงงาน เพื่อการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี FMEA (FMEA 1)
พื้นที่ / เครื่องจักร / กระบวนการผลิต / ขั้นตอนการปฏิบัติ / กิจกรรม Roots Blower โรงงาน
ตามแบบเอกสารหมายเลข วันที่ทำการศึกษา

เครื่องจักรอุปกรณ์ / ระบบ	ความล้มเหลว	สาเหตุของความล้มเหลว	ผลที่จะเกิดขึ้น	มาตรการป้องกัน / ควบคุม / แก้ไข	การประเมินความเสี่ยง					ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
					โอกาส	ความรุนแรง					
						บ	ท	ส	ช		
7. เฟืองขับเกียร์	- สึก	- เนื่องจากไม่มีระบบหล่อลื่น	- Root blower & Motor หยุดทำงาน หรือเกิดเสียงดัง	- หมั่นทำการหล่อลื่น/วางแผนการหล่อลื่นอย่างสม่ำเสมอ/จับชั่วโมงการใช้งานที่เหมาะสมกับการหล่อลื่น	2	1	3	1	1	6	2
8. O-ring ของชุดเกียร์และชุดเพลาขับ	- แข็งหรือขาด	- เสื่อมสภาพ หรือไม่มีระบบหล่อลื่น	- น้ำมันรั่ว	- หมั่นทำการตรวจสอบเครื่องจักรอย่างสม่ำเสมอ/ทำการหล่อลื่นอย่างสม่ำเสมอ/จับชั่วโมงการใช้งานที่เหมาะสม	1	1	2	1	1	2	1
9. Gear Box	- แตก หรือหลวม	- ขันน็อตไม่แน่น	- Root blower & Motor หยุดทำงาน หรือเกิดเสียงดัง	- หมั่นทำการตรวจสอบน็อตอย่างสม่ำเสมอ/ตรวจสอบเสียงและการสั่นสะเทือนของเครื่องจักร/ก่อนเดินเครื่องตรวจสภาพน็อตให้แน่น	2	1	3	1	1	6	2

หมายเหตุ
บ หมายถึง บุคคล
ท หมายถึง ทรัพย์สิน
ส หมายถึง สิ่งแวดล้อม
ช หมายถึง ชุมชน



13 Outlet test nipple (p2)
14 Pump diaphragm
15 Pump linkage
16 PWB
17 Terminal block

1 Hall Sensor
2 Solenoid
3 Pressure switch diaphragm
4 Compression spring
5 Filter
6 Safety valve anchor (V3)
7 Safety valve coil
8 Pressure pump
9 Reset switch
10 Alarm lamp
11 Run lamp
12 Inlet test nipple (p1)

ผลการศึกษา และทบทวนการดำเนินงานในโรงงาน เพื่อการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี FMEA (FMEA 2)
พื้นที่ / เครื่องจักร / กระบวนการผลิต / ขั้นตอนการปฏิบัติ / กิจกรรม โรงงาน
ตามแบบเอกสารหมายเลข วันที่ทำการศึกษา

เครื่องจักรอุปกรณ์ / ระบบ	ความล้มเหลว	สาเหตุของความล้มเหลว	ผลที่จะเกิดขึ้น	มาตรการป้องกัน / ควบคุม / แก้ไข	การประเมินความเสี่ยง					ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
					โอกาส	ความรุนแรง					
						บ	ท	ส	ข่		
1 Hall Sensor	แผ่นรับสัญญาน electronic เสีย	ความชื้นของก๊าซชีวภาพทำให้แผ่นรับสัญญานเสียหาย	ไม่สามารถรับสัญญานจากการทำงานของไดอะแฟมปั๊ม	ลดความชื้นและH_2Sในก๊าซให้น้อยที่สุด ทำความสะอาดไส้กรองบ่อยๆ	1	1	1	1	1	1	1
2 Solenoid	อุดตัน ทำให้ข้อมูลที่ตรวจสอบเกิดความผิดพลาดและสั่งงานผิดพลาดต่อไป	ความชื้นและน้อกของก๊าซชีวภาพไปเกาะอุปกรณ์ และ H2S ไปกัดกร่อนอุปกรณ์ ทำให้ไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ	ไม่สามารถเปิดและปิดก๊าซได้ตามปกติ กรณีที่ค้างอาจทำให้มีเชื้อเพลิงไหลเข้าสู่หัวเผาปริมาณมากเกินความต้องการ จนทำให้เกิดการระเบิดขึ้นได้	ลดความชื้นและH_2Sในก๊าซให้น้อยที่สุด ทำความสะอาดไส้กรองบ่อยๆ	3	4	4	2	1	12	4
3 Pressure switch diaphragm	อุดตัน ทำให้เวลาตรวจสอบสั้นจนผิดปกติและส่งผลให้ผ่านการตรวจเสมือนไม่มีสิ่งผิดปกติ	ความชื้นและน้อกสิ่งสกปรกของก๊าซชีวภาพเข้าไปอุดตัน	สวิทช์กำหนดและควบคุมความดันก๊าซที่ใช้ตรวจสอบใช้งานไม่ได้ตามปกติ	ลดความชื้นและH_2Sในก๊าซให้น้อยที่สุด ทำความสะอาดไส้กรองบ่อยๆ	1	1	1	1	1	1	1
4 Compression spring	หัก, ถูกกัดกร่อนจากกรดกำมะถัน	H2S ของก๊าซชีวภาพกัดกร่อนสปริง	ไม่สามารถเปิดและปิดก๊าซได้ตามปกติ กรณีที่ค้างอาจทำให้มีเชื้อเพลิงไหลเข้าสู่หัวเผาปริมาณมากเกินความต้องการ จนทำให้เกิดการระเบิดขึ้นได้	ลดความชื้นและH_2Sในก๊าซให้น้อยที่สุด ทำความสะอาดไส้กรองบ่อยๆ	3	4	4	2	1	12	4
5 Filter	อุดตันทำให้วาล์วตรวจสอบผิดพลาด	ความชื้นและเมือกสิ่งสกปรกของก๊าซชีวภาพเข้าไปอุดตัน	กรองสิ่งสกปรก	ลดความชื้นและH_2Sในก๊าซให้น้อยที่สุด ทำความสะอาดไส้กรองบ่อยๆ	1	1	1	1	1	1	1
6 Safety valve anchor (V3)	อุดตันทำให้แผ่นไดอะแฟมและอุปกรณ์อื่นๆแตกหรือเสียหาย		ไม่สามารถป้องกันความดันเกิน,ทำให้อุปกรณ์ภายในเสียหาย	ลดความชื้นและH_2Sในก๊าซให้น้อยที่สุด ทำความสะอาดไส้กรองบ่อยๆ	1	1	1	1	1	1	1

ผลการศึกษา และทบทวนการดำเนินงานในโรงงาน เพื่อการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี FMEA (FMEA 2)
พื้นที่ / เครื่องจักร / กระบวนการผลิต / ขั้นตอนการปฏิบัติ / กิจกรรม โรงงาน
ตามแบบเอกสารหมายเลข วันที่ทำการศึกษา

เครื่องจักรอุปกรณ์ / ระบบ	ความล้มเหลว	สาเหตุของความล้มเหลว	ผลที่จะเกิดขึ้น	มาตรการป้องกัน / ควบคุม / แก้ไข	การประเมินความเสี่ยง					ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
					โอกาส	ความรุนแรง					
						บ	ท	ส	ข		
7 Safety valve coil	ขดลวดขาด,ไหม้ไม่เปิดระบาย	ความร้อนสูงเกินไป	สวิทช์กำหนดและควบคุมความดันก๊าซที่ใช้ตรวจสอบใช้งานไม่ได้ตามปกติ	ลดความชื้นและH_2Sในก๊าซให้น้อยที่สุด ทำความสะอาดไส้กรองบ่อยๆ	1	1	1	1	1	1	1
8 Pressure pump	ขดลวดขาด,ไหม้ปั๊มไม่ทำงาน	ความร้อนสูงเกินไป	ไม่สามารถทดสอบความดันเพื่อตรวจการรั่วของวาล์ว	ลดความชื้นและH_2Sในก๊าซให้น้อยที่สุด ทำความสะอาดไส้กรองบ่อยๆ	1	1	1	1	1	1	1
9 Reset switch	ค้างหรือเสีย,ไม่ทำงาน			กดปุ่มเพื่อให้ทดสอบอีก	1	1	1	1	1	1	1
10 Alarm lamp			แสดงสภาวะที่ตรวจพบการรั่วไม่ได้		1	1	1	1	1	1	1
11 Run lamp			แสดงสภาวะที่ตรวจผ่านและอนุญาตให้เดินต่อได้		1	1	1	1	1	1	1
12 Inlet test nipple (p1)	อุดตัน ทำให้วาล์วตรวจทำงานผิดพลาด	ความชื้น และ H2S	ไม่สามารถทดสอบแก๊สทางดูดได้	ลดความชื้นและH_2Sในก๊าซให้น้อยที่สุด ทำความสะอาดไส้กรองบ่อยๆ	1	1	1	1	1	1	1
13 Outlet test nipple (p2)	อุดตัน ทำให้วาล์วตรวจทำงานผิดพลาด	ความชื้น และ H2S	ไม่สามารถทดสอบแก๊สทางอัดได้	ลดความชื้นและH_2Sในก๊าซให้น้อยที่สุด ทำความสะอาดไส้กรองบ่อยๆ	1	1	1	1	1	1	1
14 Pump diaphragm	แผ่นไดอะแฟมแตกหรือเสียหาย	ความชื้น และ H2S	แผ่นอัดความดันของปั๊มใช้การไม่ได้	ลดความชื้นและH_2Sในก๊าซให้น้อยที่สุด ทำความสะอาดไส้กรองบ่อยๆ	1	1	1	1	1	1	1
15 Pump linkage	ก้านขัด ทำให้วาล์วตรวจทำงานผิดพลาด	ความชื้น และ H2S	ก้านชักของปั๊ม	ลดความชื้นและH_2Sในก๊าซให้น้อยที่สุด ทำความสะอาดไส้กรองบ่อยๆ	1	1	1	1	1	1	1
16 PWB	เสียไม่สั่งงานใดๆ		ควบคุมสั่งงานประเมินผลผิดพลาด		1	1	1	1	1	1	1
17 Terminal block			คลองคอสายไฟและสายสัญญาณ		1	1	1	1	1	1	1

APPENDIX E

EVENT TREE ANALYSIS

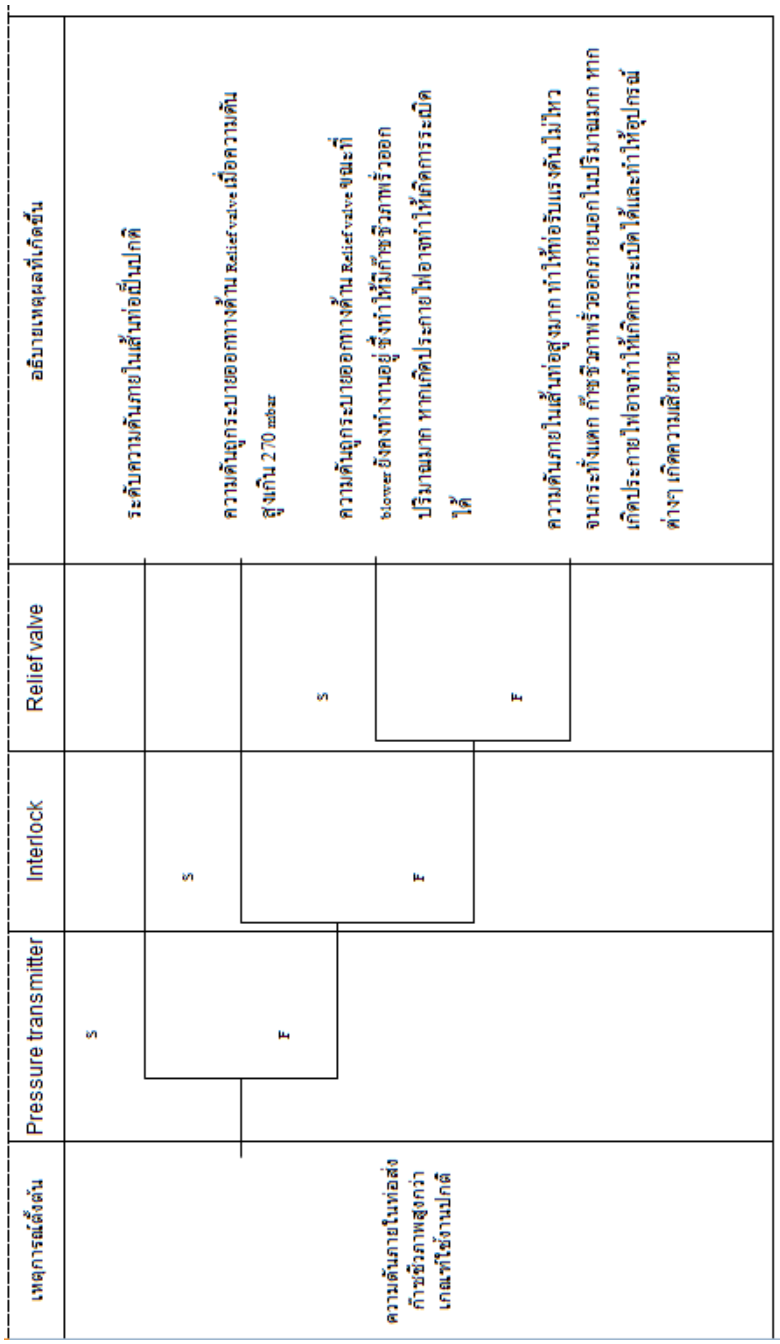


FIGURE E.1 แผนผังแสดงกระบวนการส่งก๊าซชีวภาพ (ETA 1)

ผลการศึกษา และทบทวนการดำเนินงานในโรงงาน เพื่อการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี Event Tree Analysis (ETA 1)
พื้นที่ / เครื่องจักร / กระบวนการผลิต / ขั้นตอนการปฏิบัติ / กิจกรรม **ระบบส่งก๊าซชีวภาพ**
ตามแบบเอกสารหมายเลข แผนผังแสดงกระบวนการส่งก๊าซชีวภาพ (ETA 1)
สถานการณ์จำลอง ความดันภายในท่อส่งก๊าซชีวภาพสูงกว่าเกณฑ์ใช้งานปกติ

ระบบความปลอดภัย / ขั้นตอนการปฏิบัติมีข้อบกพร่อง	อันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง					ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
				โอกาส	ความรุนแรง					
					บ	ท	ส	ช		
1. ไม่มี Alarm จาก Pressure Transmitter แต่ Interloock สั่งตัดการทำงานของ blower	- Blower หยุด เมื่อความดันสูงถึง 270 mbar ไม่มีก๊าซชีวภาพส่งเข้า Burner การผลิตหยุด	- ตรวจสอบการใช้งานของ Pressure transmitter ให้ทำงานเป็นปกติ และมีการสอบเทียบเครื่องมือเป็นประจำทุกปี		1	1	1	1	1	1	1
2. ไม่มี Alarm จาก Pressure Transmitter และ Interlock ไม่ทำงาน แต่ Relief valve ทำงาน	- Blower ยังคงส่งก๊าซชีวภาพอยู่ แต่มีการระบายออกทาง Relief valve ซึ่งหากมีปริมาณสะสมมาก และมีประกายไฟเกิดขึ้นอาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้	- ตรวจสอบการทำงานของ Interlock ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน และอุปกรณ์ที่ใช้ทั้งหมดเป็นแบบป้องกันการเกิดระเบิด		1	2	3	2	2	3	2
3. ไม่มี Alarm จาก Pressure Transmitter, Interlock ไม่ทำงาน และ Relief valve ใช้การไม่ได้	- ความดันภายในเส้นท่อสูงมาก ทำให้ท่อรับแรงดันไม่ไหว จนระทั่งแตก ก๊าซชีวภาพรั่วออกภายนอกในปริมาณมาก หากเกิดประกายไฟอาจทำให้เกิดการระเบิดได้และทำให้อุปกรณ์ต่างๆ เกิดความเสียหาย	- ตรวจสอบการใช้งานของ Relief valve ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน		1	4	4	2	2	4	2

หมายเหตุ
บ หมายถึง บุคคล
ท หมายถึง ทรัพย์สิน
ส หมายถึง สิ่งแวดล้อม
ช่ หมายถึง ชุมชน

APPENDIX F
RISK REDUCTION PLAN

แผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง (แผนงานลดความเสี่ยง) (แผนลด 1)

หน่วยงาน ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ รายละเอียด การจัดทำระบบ FLARE

วัตถุประสงค์ เผาก๊าซชีวภาพส่วนเกินทิ้งเพื่อลดความดัน

เป้าหมาย ความเสี่ยงอยู่ในระดับยอมรับได้

ลำดับที่	มาตรการ/กิจกรรม/การดำเนินงาน	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาดำเนินการ	ผู้ตรวจติดตาม	หมายเหตุ
1	จัดทำระบบเผาก๊าซชีวภาพทิ้ง (FLARE)	หัวหน้าแผนกซ่อมบำรุง	1 มิ.ย.-31 ธ.ค. 52	ผู้จัดการโรงงาน	
2	จัดทำคู่มือการปฏิบัติงานเรื่องการเดินระบบเผาก๊าซชีวภาพทิ้ง (FLARE) และการบำรุงรักษา	หัวหน้าแผนกซ่อมบำรุง	1 มิ.ย.-31 ธ.ค. 52	ผู้จัดการโรงงาน	
3	ฝึกอบรมคู่มือการปฏิบัติงานเรื่องการเดินระบบเผาก๊าซชีวภาพทิ้ง (FLARE) ให้กับผู้เกี่ยวข้อง	หัวหน้าแผนกซ่อมบำรุง	1 มิ.ย.-31 ธ.ค. 52	ผู้จัดการโรงงาน	
4	ติดตั้ง FLAME ARRESTER เพื่อป้องกันการเกิด BACK FIRE	หัวหน้าแผนกซ่อมบำรุง	1 มิ.ย.-31 ธ.ค. 52	ผู้จัดการโรงงาน	

แผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง (แผนงานลดความเสี่ยง) (แผนลด 2)

หน่วยงาน ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ รายละเอียด การจัดทำระบบ DESULPHURIZATION

วัตถุประสงค์ ลดความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่จะส่งไปยังจุดใช้งาน

เป้าหมาย ความเสี่ยงอยู่ในระดับยอมรับได้

ลำดับที่	มาตรการ/กิจกรรม/การดำเนินงาน	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาดำเนินการ	ผู้ตรวจติดตาม	หมายเหตุ
1	จัดทำระบบกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (DESULPHURIZATION)	หัวหน้าแผนกซ่อมบำรุง	1 มิ.ย.-31 ธ.ค. 52	ผู้จัดการโรงงาน	
2	จัดทำคู่มือการปฏิบัติงานเรื่องการเดินระบบกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (DESULPHURIZATION) และการบำรุงรักษา	หัวหน้าแผนกซ่อมบำรุง	1 มิ.ย.-31 ธ.ค. 52	ผู้จัดการโรงงาน	
3	ฝึกอบรมคู่มือการปฏิบัติงานเรื่องการเดินระบบกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (DESULPHURIZATION) ให้กับผู้เกี่ยวข้อง	หัวหน้าแผนกซ่อมบำรุง	1 มิ.ย.-31 ธ.ค. 52	ผู้จัดการโรงงาน	

แผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง (แผนงานลดความเสี่ยง) (แผนลด 3)

หน่วยงาน ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ รายละเอียด การจัดทำระบบ AIR CHILLER

วัตถุประสงค์ ลดความชื้นของก๊าซชีวภาพที่จะส่งไปยังจุดใช้งาน

เป้าหมาย ความเสี่ยงอยู่ในระดับยอมรับได้

ลำดับที่	มาตรการ/กิจกรรม/การดำเนินงาน	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาดำเนินการ	ผู้ตรวจติดตาม	หมายเหตุ
1	จัดทำระบบลดความชื้น (AIR CHILLER)	หัวหน้าแผนกซ่อมบำรุง	1 มิ.ย.-31 ธ.ค. 52	ผู้จัดการโรงงาน	
2	จัดทำคู่มือการปฏิบัติงานเรื่องการเดินระบบลดความชื้น (AIR CHILLER) และการบำรุงรักษา	หัวหน้าแผนกซ่อมบำรุง	1 มิ.ย.-31 ธ.ค. 52	ผู้จัดการโรงงาน	
3	ฝึกอบรมคู่มือการปฏิบัติงานเรื่องการเดินระบบลดความชื้น (AIR CHILLER) ให้กับผู้เกี่ยวข้อง	หัวหน้าแผนกซ่อมบำรุง	1 มิ.ย.-31 ธ.ค. 52	ผู้จัดการโรงงาน	

แผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง (แผนงานลดความเสี่ยง) (แผนลด 4)

หน่วยงาน ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ รายละเอียด การจัดทำ STORAGE GAS

วัตถุประสงค์ เพื่อสามารถกักเก็บก๊าซชีวภาพได้ ไม่ให้รั่วไหลออกสู่บรรยากาศ

เป้าหมาย ความเสี่ยงอยู่ในระดับยอมรับได้

ลำดับที่	มาตรการ/กิจกรรม/การดำเนินงาน	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาดำเนินการ	ผู้ตรวจติดตาม	หมายเหตุ
1	จัดทำ STORAGE GAS	หัวหน้าแผนกซ่อมบำรุง	1 มิ.ย.-31 ธ.ค. 52	ผู้จัดการโรงงาน	
2	จัดให้มีเครื่องมือตรวจสอบการรั่วไหลของก๊าซชีวภาพ	หัวหน้าแผนกซ่อมบำรุง	1 มิ.ย.-31 ธ.ค. 52	ผู้จัดการโรงงาน	
3	จัดทำคู่มือการตรวจสอบรอยรั่วของก๊าซชีวภาพ	หัวหน้าแผนกซ่อมบำรุง	1 มิ.ย.-31 ธ.ค. 52	ผู้จัดการโรงงาน	
4	ฝึกอบรมการตรวจสอบการรั่วไหลของก๊าซชีวภาพให้กับผู้เกี่ยวข้อง	หัวหน้าแผนกซ่อมบำรุง	1 มิ.ย.-31 ธ.ค. 52	ผู้จัดการโรงงาน	

แผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง (แผนงานลดความเสี่ยง) (แผนลด 5)

หน่วยงาน ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ รายละเอียด จัดทำคู่มือการดูแลระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

วัตถุประสงค์ เพื่อให้ผลิตก๊าซชีวภาพที่มีปริมาณ และคุณภาพเหมาะสม

เป้าหมาย ความเสี่ยงอยู่ในระดับยอมรับได้

ลำดับที่	มาตรการ/กิจกรรม/การดำเนินงาน	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาดำเนินการ	ผู้ตรวจติดตาม	หมายเหตุ
1	จัดทำคู่มือการดูแลระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ	หัวหน้าแผนกควบคุมคุณภาพ	1 มิ.ย.-31 ธ.ค. 52	ผู้จัดการโรงงาน	
2	ฝึกอบรมการดูแลระบบบำบัดน้ำเสียให้กับผู้เกี่ยวข้อง	หัวหน้าแผนกควบคุมคุณภาพ	1 มิ.ย.-31 ธ.ค. 52	ผู้จัดการโรงงาน	

APPENDIX G
RISK CONTROL PLAN

แผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง (แผนงานควบคุมความเสี่ยง) (แผนควบคุม 1)

หน่วยงาน ซ่อมบำรุง รายละเอียด BURNER

วัตถุประสงค์ เพื่อป้องกันการเกิดเพลิงไหม้, การระเบิด

เป้าหมาย ไม่เกิดเพลิงไหม้, ระเบิดที่ BURNER

ลำดับที่	มาตรการ/กิจกรรม/การดำเนินงานลดความเสี่ยง	ผู้รับผิดชอบ	หัวข้อเรื่องที่ควบคุม	หลักเกณฑ์หรือมาตรฐานที่ใช้ควบคุม	ผู้ตรวจติดตาม
1	ตรวจสอบบำรุงรักษาอุปกรณ์และเครื่องมือตรวจวัดต่างๆ ที่ BURNER - อุปกรณ์ตรวจวัดเปลวไฟ - อุปกรณ์ตรวจวัดความดัน - อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ	พนักงานซ่อมบำรุง	อุปกรณ์ตรวจวัดทำงานตามหน้าที่ - การทำงานเมื่อไม่มีเปลวไฟ - การทำงานเมื่อความดันสูงเกิน - การทำงานเมื่ออุณหภูมิสูงเกิน	- สั่งหยุดระบบเมื่อตรวจไม่พบเปลวไฟ - ทำการตัดเชื้อเพลิงเมื่อความดันสูงเกินไป - ทำการหยุดระบบเมื่ออุณหภูมิสูงเกิน 360 องศาเซลเซียส	ผู้จัดการโรงงาน
2	บำรุงรักษาอุปกรณ์ความปลอดภัยตามแผน	พนักงานซ่อมบำรุง	การทำงานของอุปกรณ์ความปลอดภัย	อุปกรณ์ความปลอดภัยต่างๆ ทำงาน	ผู้จัดการโรงงาน

แผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง (แผนงานควบคุมความเสี่ยง) (แผนควบคุม 2)

หน่วยงาน ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ รายละเอียด ตรวจวัดคุณภาพก๊าซชีวภาพ

วัตถุประสงค์ เพื่อทราบคุณภาพของก๊าซชีวภาพที่นำมาใช้ประโยชน์

เป้าหมาย ป้องกันการเกิดอันตรายจากก๊าซชีวภาพ

ลำดับที่	มาตรการ/กิจกรรม/การดำเนินงานลดความเสี่ยง	ผู้รับผิดชอบ	หัวข้อเรื่องที่ควบคุม	หลักเกณฑ์หรือมาตรฐานที่ใช้ควบคุม	ผู้ตรวจติดตาม
1	ตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซมีเทน	พนักงานแผนกก๊าซชีวภาพ	ความเข้มข้นของก๊าซมีเทน	ความเข้มข้นมีเทนมากกว่า 45% ใช้ได้ที่ BURNER 100%	หัวหน้าแผนกก๊าซชีวภาพ
2	ตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	พนักงานแผนกก๊าซชีวภาพ	ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอน-ไดออกไซด์	ไม่เกิน 35%	หัวหน้าแผนกก๊าซชีวภาพ
3	ตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์	พนักงานแผนกก๊าซชีวภาพ	ความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์	ไม่เกิน 800 ppm	หัวหน้าแผนกก๊าซชีวภาพ
4	ตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซชีวภาพ	พนักงานแผนกก๊าซชีวภาพ	ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน	ไม่เกิน 2%	หัวหน้าแผนกก๊าซชีวภาพ

แผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง (แผนงานควบคุมความเสี่ยง) (แผนควบคุม 3)

หน่วยงาน ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ รายละเอียด อุปกรณ์ลดความชื้น (AIR CHILLER)

วัตถุประสงค์ เพื่อลดความชื้นของก๊าซชีวภาพ

เป้าหมาย ป้องกันการเกิดอันตรายจากความชื้นของก๊าซชีวภาพ

ลำดับที่	มาตรการ/กิจกรรม/การดำเนินงานลดความเสี่ยง	ผู้รับผิดชอบ	หัวข้อเรื่องที่ควบคุม	หลักเกณฑ์หรือมาตรฐานที่ใช้ควบคุม	ผู้ตรวจติดตาม
1	ตรวจสอบ AUTOMATIC DRAINER ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน	พนักงานแผนกก๊าซชีวภาพ	สภาพอุปกรณ์	ไม่ถูกกัดกร่อน, สปริงไม่ค้าง, สามารถระบายน้ำได้	หัวหน้าแผนกก๊าซชีวภาพ
2	ตรวจสอบ AIR CHILLER ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน	พนักงานแผนกก๊าซชีวภาพ	อุณหภูมิน้ำไหลเวียน	น้อยกว่า 12 องศาเซลเซียส	หัวหน้าแผนกก๊าซชีวภาพ
3	ตรวจสอบ KNOCK OUT DRUM ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน	พนักงานแผนกก๊าซชีวภาพ	สภาพอุปกรณ์	ไม่ผุกร่อน, รั่วซึม, สามารถระบายน้ำออกได้	หัวหน้าแผนกก๊าซชีวภาพ

แผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง (แผนงานควบคุมความเสี่ยง) (แผนควบคุม 4)

หน่วยงาน ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ รายละเอียด สอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัด

วัตถุประสงค์ เพื่อให้อุปกรณ์ตรวจวัดอ่านค่าได้ถูกต้อง

เป้าหมาย ป้องกันการเกิดอันตรายจากการอ่านค่าผิดพลาด

ลำดับที่	มาตรการ/กิจกรรม/การดำเนินงานลดความเสี่ยง	ผู้รับผิดชอบ	หัวข้อเรื่องที่ควบคุม	หลักเกณฑ์หรือมาตรฐานที่ใช้ควบคุม	ผู้ตรวจติดตาม
1	กำหนดแผนการสอบเทียบเครื่องมือตรวจวัด - เครื่องวัดความเข้มข้นของก๊าซชีวภาพ - เทอร์โมมิเตอร์ - PRESSURE TRANSMITTER	หัวหน้าแผนกก๊าซชีวภาพ	อ่านค่าได้ถูกต้อง	สอบเทียบเครื่องมือประจำปี	ผู้จัดการโรงงาน

แผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง (แผนงานควบคุมความเสี่ยง) (แผนควบคุม 5)

หน่วยงาน ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ รายละเอียด ตรวจสอบอุปกรณ์เก็บก๊าซชีวภาพ และระบายความดัน

วัตถุประสงค์ เพื่อให้อุปกรณ์ทำงานได้ตามปกติ

เป้าหมาย ป้องกันการเกิดเพลิงไหม้ และการรั่วไหลของก๊าซชีวภาพ

ลำดับที่	มาตรการ/กิจกรรม/การดำเนินงานลดความเสี่ยง	ผู้รับผิดชอบ	หัวข้อเรื่องที่ควบคุม	หลักเกณฑ์หรือมาตรฐานที่ใช้ควบคุม	ผู้ตรวจติดตาม
1	ตรวจสอบรอยรั่วของผ้าใบ DOME และ STORAGE GAS	พนักงานแผนกก๊าซชีวภาพ	ป้องกันก๊าซชีวภาพรั่วไหล	ไม่พบรอยรั่วหรือฉีกขาด	หัวหน้าแผนกก๊าซชีวภาพ
2	ตรวจสอบระดับน้ำคลุมชายผ้าใบ	พนักงานแผนกก๊าซชีวภาพ	ป้องกันก๊าซชีวภาพรั่วไหล	ไม่ต่ำกว่า 10 ซม.	หัวหน้าแผนกก๊าซชีวภาพ
3	ตรวจสอบระดับน้ำ WATER SEALED TANK	พนักงานแผนกก๊าซชีวภาพ	ป้องกันก๊าซชีวภาพรั่วไหล	ไม่ต่ำกว่า 18 ซม.	หัวหน้าแผนกก๊าซชีวภาพ
4	ตรวจสอบสภาพ WATER SEALED TANK	พนักงานแผนกก๊าซชีวภาพ	โครงสร้างของถัง	ไม่ผุกร่อน, รั่วซึม	หัวหน้าแผนกก๊าซชีวภาพ
5	ตรวจสอบสภาพท่อส่งก๊าซชีวภาพ	พนักงานแผนกก๊าซชีวภาพ	ลักษณะท่อ	ไม่โก่งงอ, แตกร้าว	หัวหน้าแผนกก๊าซชีวภาพ
6	ตรวจสอบไม่ให้มีน้ำขังบนผ้าใบ	พนักงานแผนกก๊าซชีวภาพ	ป้องกันผ้าใบฉีกขาด	ไม่มีน้ำขังบนผ้าใบ	หัวหน้าแผนกก๊าซชีวภาพ
7	มีแผนการตัดหญ้าบริเวณ STARAGE GAS ไม่ให้ขึ้นรก	พนักงานแผนกก๊าซชีวภาพ	ป้องกันการลุกไหม้ของหญ้าแห้ง	ทำการควบคุมไม่ให้มีหญ้าขึ้นบริเวณ STORAGE GAS	หัวหน้าแผนกก๊าซชีวภาพ

แผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง (แผนงานควบคุมความเสี่ยง) (แผนควบคุม 6)

หน่วยงาน ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ รายละเอียด FLARE

วัตถุประสงค์ เพื่อให้สามารถลดความดันภาพในระบบผลิตก๊าซชีวภาพได้

เป้าหมาย ป้องกันการเกิดเพลิงไหม้ และการรั่วไหลของก๊าซชีวภาพ

ลำดับที่	มาตรการ/กิจกรรม/การดำเนินงานลดความเสี่ยง	ผู้รับผิดชอบ	หัวข้อเรื่องที่ควบคุม	หลักเกณฑ์หรือมาตรฐานที่ใช้ควบคุม	ผู้ตรวจติดตาม
1	ตรวจสอบอุปกรณ์ระบบ FLARE ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน - LPG - FLAME ARRESTER - FLAME DETECTOR - STACK FLARE - เซรามิกปลายปล่อง - THERMOMETER	พนักงานแผนกก๊าซชีวภาพ	 - ปริมาณ LPG - อุปกรณ์ - อุปกรณ์ - อุปกรณ์ - อุปกรณ์ - อุปกรณ์	 - ไม่หมด - ไม่ผุกร่อน, สึก - อ่านค่าถูกต้อง - ไม่ผุกร่อน, สึก - ไม่แตกร้าว - อ่านค่าถูกต้อง	หัวหน้าแผนกก๊าซชีวภาพ
2	ตรวจสอบอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าป้องกันการเกิดระเบิด	ช่างไฟฟ้า	สภาพอุปกรณ์ไฟฟ้า	ไม่มีการดัดแปลงอุปกรณ์	ผู้จัดการโรงงาน

แผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง (แผนงานควบคุมความเสี่ยง) (แผนควบคุม 7)

หน่วยงาน ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ รายละเอียด ระบบส่งก๊าซชีวภาพ

วัตถุประสงค์ เพื่อให้อุปกรณ์ทำงานได้ตามปกติ

เป้าหมาย ป้องกันการเกิดเพลิงไหม้ และการรั่วไหลของก๊าซชีวภาพ

ลำดับที่	มาตรการ/กิจกรรม/การดำเนินงานลดความเสี่ยง	ผู้รับผิดชอบ	หัวข้อเรื่องที่ควบคุม	หลักเกณฑ์หรือมาตรฐานที่ใช้ควบคุม	ผู้ตรวจติดตาม
1	แผนการตรวจสอบอุปกรณ์ในระบบส่งก๊าซชีวภาพ - RELIEF VALVE - ROOTS BLOWER - INTERLOCK	พนักงานซ่อมบำรุง	จัดทำแผนการตรวจสอบ	อุปกรณ์สามารถใช้งานได้ปกติ	ผู้จัดการโรงงาน
2	ตรวจสอบอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าป้องกันการเกิดระเบิด	ช่างไฟฟ้า	สภาพอุปกรณ์ไฟฟ้า	ไม่มีการดัดแปลงอุปกรณ์	ผู้จัดการโรงงาน

แผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง (แผนงานควบคุมความเสี่ยง) (แผนควบคุม 8)

หน่วยงาน ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ รายละเอียด ระบบกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์

วัตถุประสงค์ เพื่อให้สามารถกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เป้าหมาย ลดความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์

ลำดับที่	มาตรการ/กิจกรรม/การดำเนินงานลดความเสี่ยง	ผู้รับผิดชอบ	หัวข้อเรื่องที่ควบคุม	หลักเกณฑ์หรือมาตรฐานที่ใช้ควบคุม	ผู้ตรวจติดตาม
1	แผนการทำความสะอาดระบบกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ - การเปลี่ยนถ่ายน้ำ - การทำความสะอาดสปริงเกอร์ - การควบคุมค่า pH ของน้ำสเปรย์	พนักงานแผนกก๊าซชีวภาพ	 - ดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้ - ดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้ - pH	 - ทุก 4 เดือน - ทุก 6 เดือน - pH ไม่ต่ำกว่า 7	หัวหน้าแผนกก๊าซชีวภาพ
2	ตรวจสอบการทำงานของปั๊มวนน้ำ	พนักงานแผนกก๊าซชีวภาพ	เครื่องมือใช้งานได้	ปั๊มใช้งานได้	หัวหน้าแผนกก๊าซชีวภาพ
3	ตรวจสอบสภาพผนังของระบบกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์	พนักงานแผนก๊าซชีวภาพ	ผนังรอบระบบกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์	ไม่รั่วซึม, ผุกร่อน	หัวหน้าแผนกก๊าซชีวภาพ

แผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง (แผนงานควบคุมความเสี่ยง) (แผนควบคุม 9)

หน่วยงาน ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ รายละเอียด การซ่อมบำรุงผ้าใบ, ตัดต่อท่อ และทำความสะอาดถังปฏิกรณ์

วัตถุประสงค์ เพื่อให้พนักงานทำงานได้อย่างปลอดภัย

เป้าหมาย ไม่ให้เกิดอันตรายต่อพนักงาน

ลำดับที่	มาตรการ/กิจกรรม/การดำเนินงานลดความเสี่ยง	ผู้รับผิดชอบ	หัวข้อเรื่องที่ควบคุม	หลักเกณฑ์หรือมาตรฐานที่ใช้ควบคุม	ผู้ตรวจติดตาม
1	จัดฝึกอบรมการซ่อมแซมผ้าใบ และมีคู่มือการทำงาน	ผู้จัดการแผนกซ่อมบำรุง	ความปลอดภัยในการทำงาน	ปฏิบัติตามวิธีการทำงาน	ผู้จัดการโรงงาน
2	จัดฝึกอบรมการตัดต่อท่อส่งก๊าซชีวภาพ และมีคู่มือการทำงาน	ผู้จัดการแผนกซ่อมบำรุง	ความปลอดภัยในการทำงาน	ปฏิบัติตามวิธีการทำงาน	ผู้จัดการโรงงาน
3	ตรวจวัดการรั่วของก๊าซมีเทนก่อนเข้าปฏิบัติงานซ่อมบำรุงในพื้นที่ผลิตก๊าซชีวภาพ	ผู้จัดการแผนกซ่อมบำรุง	ก๊าซมีเทน	ความเข้มข้นไม่เกิน 5 %	เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย
4	มีการถ่ายตะกอนออกจากถังปฏิกรณ์ และเปิดให้มีอากาศถ่ายเทได้สะดวกภายในถังปฏิกรณ์	ผู้จัดการแผนกซ่อมบำรุง	ความปลอดภัยในการทำงาน	ปฏิบัติตามวิธีการทำงาน	เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย

แผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง (แผนงานควบคุมความเสี่ยง) (แผนควบคุม 10)

หน่วยงาน ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ รายละเอียด สภาพแวดล้อมในการทำงาน

วัตถุประสงค์ เพื่อให้พนักงานทำงานได้อย่างปลอดภัย

เป้าหมาย ไม่เกิดอันตรายต่อพนักงาน

ลำดับที่	มาตรการ/กิจกรรม/การดำเนินงานลดความเสี่ยง	ผู้รับผิดชอบ	หัวข้อเรื่องที่ควบคุม	หลักเกณฑ์หรือมาตรฐานที่ใช้ควบคุม	ผู้ตรวจติดตาม
1	จัดให้มีห้องเก็บเสียงสำหรับเครื่อง GENERATOR	ผู้จัดการแผนกซ่อมบำรุง	ความปลอดภัยในการทำงาน	ปฏิบัติตามวิธีการทำงาน	ผู้จัดการโรงงาน
2	ติดตั้งไซเรนเซอร์ที่ ROOTS BLOWER เพื่อลดเสียง	ผู้จัดการแผนกซ่อมบำรุง	ความปลอดภัยในการทำงาน	ปฏิบัติตามวิธีการทำงาน	ผู้จัดการโรงงาน
3	จัดอุปกรณ์ความปลอดภัยส่วนบุคคลให้พนักงาน - EAR MUFF - ผ้าปิดจมูก	เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย	ความปลอดภัยในการทำงาน	พนักงานสวมใส่ PPE	ผู้จัดการโรงงาน

APPENDIX H
RISK LIST WITH RISK ADMINISTRATION MEASURE

ทะเบียนความเสี่ยงและมาตรการบริหารจัดการความเสี่ยง

ลำดับที่	กิจกรรม/อุปกรณ์	สถานการณ์/ความล้มเหลว	ระดับความเสี่ยง	แผนบริหารความเสี่ยง	
				แผนลด	แผนควบคุม
	ระดับความเสี่ยงที่ยอมรับได้				
1	Solinoid อุดตัน ทำให้สั่งงานผิดพลาด	ไม่สามารถสั่งเปิด-ปิดก๊าซได้ตามปกติ กรณีที่ค้างอาจทำให้มีเชื้อเพลิงไหลเข้าสู่หัวเผาปริมาณมากเกินความต้องการ จนทำให้เกิดการระเบิดขึ้นได้	4	2	1
2	Compression spring หัก, ถูกกัดกร่อนจากไฮโดรเจนซัลไฟด์	ไม่สามารถสั่งเปิด-ปิดก๊าซได้ตามปกติ กรณีที่ค้างอาจทำให้มีเชื้อเพลิงไหลเข้าสู่หัวเผาปริมาณมากเกินความต้องการ จนทำให้เกิดการระเบิดขึ้นได้	4	2	1
3	ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้มีปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงเกินไป	ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ไปกัดกร่อนอุปกรณ์ภายในระบบ เมื่ออุปกรณ์ความปลอดภัยเสียหายอาจทำให้เกิดการระเบิดในห้องเผาไหม้ได้	4	2	2
4	ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้มีความชื้นสูงเกินไป	ประสิทธิภาพในการเผาไหม้ต่ำ และน้ำจะไปขัดขวางการไหลของก๊าซชีวภาพ เมื่อไปจับกับอุปกรณ์ต่างๆ ทำให้ไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ อาจทำให้เกิดอุบัติเหตุ	4	3	3
5	ความดันของก๊าซชีวภาพในระบบสูงมากกรณีที่ไม่มี flare	โครงสร้างบ่อบำบัดแตกร้าว อุปกรณ์ต่างๆ ได้รับความเสียหาย ก๊าซชีวภาพรั่วไหลออกสู่บรรยากาศ ถ้าเกิดการสะสมและมีประกายไฟขึ้นอาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้	4	1	4

ทะเบียนความเสี่ยงและมาตรการบริหารจัดการความเสี่ยง (ต่อ)

ลำดับที่	กิจกรรม/อุปกรณ์	สถานการณ์/ความล้มเหลว	ระดับความเสี่ยง	แผนบริหารความเสี่ยง	
				แผนลด	แผนควบคุม
	ระดับความเสี่ยงสูง				
1	ก๊าซมีเทนเป็นก๊าซไวไฟ	หากเกิดการรั่วไหลของก๊าซมีเทนเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม กรณีที่เกิดประกายไฟอาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้	3	4	5
2	ความดันภายในระบบผลิตสูงเกิน และไม่ถูกลดหรือระบายออก	ถังผลิตแตกร้าวเนื่องจากความดันที่สูงเกินไป ทำให้น้ำเสียและก๊าซชีวภาพรั่วไหลออก	3	1	5
3	ค่า pH ของน้ำที่ใช้สเปรย์เพื่อดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่ำ	ไม่สามารถลดปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ของก๊าซชีวภาพ ทำให้อุปกรณ์ความปลอดภัยถูกกัดกร่อน ไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ	3	2	8
4	ก๊าซชีวภาพที่ส่งไป Generator มีปริมาณไฮโดรเจนซัลไฟด์สูง	กัดกร่อนลูกสูบ ทำให้ไม่สามารถเดินเครื่องได้	3	2	2
5	ก๊าซมีเทนมีความเข้มข้นต่ำกว่า 45%	เตาติดๆ ดับๆ อาจทำให้เกิดการสะสมของเชื้อเพลิง และอาจเกิดการระเบิดภายในห้องเผาไหม้ได้	3	5	2
6	ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์สูง	เตาติดๆ ดับๆ อาจทำให้เกิดการสะสมของเชื้อเพลิง และอาจเกิดการระเบิดภายในห้องเผาไหม้ได้	3	5	2
7	ก๊าซชีวภาพมีความชื้นสูง	มีหยดน้ำไปเกาะที่อุปกรณ์ความปลอดภัยต่างๆ ทำให้ไม่สามารถทำงานได้ตามปกติด อาจทำให้เกิดการระเบิดของ Burner ได้	3	3	3

ทะเบียนความเสี่ยงและมาตรการบริหารจัดการความเสี่ยง (ต่อ)

ลำดับที่	กิจกรรม/อุปกรณ์	สถานการณ์/ความล้มเหลว	ระดับความเสี่ยง	แผนบริหารความเสี่ยง	
				แผนลด	แผนควบคุม
	ระดับความเสี่ยงที่ยอมรับได้				
1	กลิ่นของน้ำเสีย	น้ำเสียมีกลิ่นเหม็นเปรี้ยว ทำให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญ	2		10
2	มีหญ้าขึ้นรกบริเวณคันบ่อ	ถ้ามีหญ้าแห้งปริมาณมาก และหากมีประกายไฟเกิดขึ้น อาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้	2		5
3	Interlock ของระบบส่งก๊าซชีวภาพไม่ทำงาน	Blower ยังคงส่งก๊าซชีวภาพอยู่ แต่มีการระบายออกทาง Relief valve ซึ่งหายมีปริมาณสะสมมาก และมีประกายไฟเกิดขึ้นอาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้	2		7
4	Relief valve ของระบบส่งก๊าซชีวภาพใช้งานไม่ได้	ความดันในเส้นท่อสูงมาก ทำให้ท่อรับแรงดันไม่ไหวจนกระทั่งแตก ก๊าซชีวภาพรั่วไหลออกภายนอกในปริมาณมาก หากเกิดประกายไฟอาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้	2		7
5	flare blower มีน้ำค้างท่อปริมาณมาก ทำให้ก๊าซชีวภาพถูกกั้น ไม่สามารถผ่านมาเผาทิ้งได้ ซึ่งทำให้ความดันสูง	โครงสร้างบ่อบำบัดแตกร้าว อุปกรณ์ต่างๆ ได้รับความเสียหาย ก๊าซชีวภาพรั่วไหลออกสู่บรรยากาศ ถ้าเกิดการสะสมและมีประกายไฟขึ้นอาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้	2		3
6	Pressure transmitter ของ flare อ่านค่าผิดพลาด โดยอ่านสูงกว่าความเป็นจริง ทำให้ชุดควบคุมการเผาก๊าซทิ้งสั่งให้ blower ทำงานและจุดประกายไฟ	เกิด back fire เนื่องจากเปลวไฟของก๊าซจุดนำมีปริมาณมากกว่าก๊าซชีวภาพที่จะทำการเผาทิ้ง	2		4
7	ใบพัด blower สึกกร่อนเนื่องจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์	ลดความดันของก๊าซชีวภาพได้ช้า ทำให้มีการรั่วไหลของก๊าซชีวภาพได้	2		7

ทะเบียนความเสี่ยงและมาตรการบริหารจัดการความเสี่ยง (ต่อ)

ลำดับที่	กิจกรรม/อุปกรณ์	สถานการณ์/ความล้มเหลว	ระดับความเสี่ยง	แผนบริหารความเสี่ยง	
				แผนลด	แผนควบคุม
8	ปริมาณก๊าซชีวภาพมากแต่วาล์วควบคุมการเปิด-ปิดก๊าซอัตโนมัติไม่ทำงาน	ความดันในเส้นท่อสูงมาก ทำให้ท่อรับแรงดันไม่ไหวจนกระทั่งแตก ก๊าซชีวภาพรั่วไหลออกภายนอกในปริมาณมาก หากเกิดประกายไฟอาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้	2		6
9	ปริมาณก๊าซชีวภาพมากแต่ส่งไปเผาทิ้งไม่ทัน	ลดความดันของก๊าซชีวภาพได้ช้า ทำให้มีการรั่วไหลของก๊าซชีวภาพได้	2		6
10	อุณหภูมิที่ stack flare สูงเกิน 800 องศาเซลเซียส ทำให้เซรามิกที่ปิดปลายปล่องแตก	เซรามิกหล่นลงกระแทกอุปกรณ์ภายในปล่อง เช่น เทอร์โมมิเตอร์, flame detector เสียหาย	2		6
11	ความดันของก๊าซชีวภาพที่ส่งไปเผาทิ้งต่ำ	เกิด back fire เนื่องจากเปลวไฟของก๊าซจุดนำมีปริมาณมากกว่าก๊าซชีวภาพที่จะทำการเผาทิ้ง	2		4
12	ความดันของก๊าซชีวภาพสูงแต่จุดนำไม่ติด ทำให้ไม่สามารถเผาก๊าซทิ้งได้	ความดันในเส้นท่อสูงมาก ทำให้ท่อรับแรงดันไม่ไหวจนกระทั่งแตก ก๊าซชีวภาพรั่วไหลออกภายนอกในปริมาณมาก หากเกิดประกายไฟอาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้	2		6
13	ไม่มี LPG จุดนำที่ flare	เผาก๊าซชีวภาพทิ้งไม่ได้ ทำให้ความดันภายในเส้นท่อสูง เป็นอันตรายต่อโครงสร้าง และถ้ารั่วไหลสู่บรรยากาศและเกิดประกายไฟ	2		6
14	จุดไฟไม่ติดเนื่องจากความดันของก๊าซชีวภาพสูงเกินไป	ความดันในเส้นท่อสูงมาก ทำให้ท่อรับแรงดันไม่ไหวจนกระทั่งแตก ก๊าซชีวภาพรั่วไหลออกภายนอกในปริมาณมาก หากเกิดประกายไฟอาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้	2		6
15	pilot gas ถูกสั่งให้จุดแล้วแต่ก๊าซชีวภาพมีปริมาณน้อยเกินไป	เกิด back fire เนื่องจากเปลวไฟของก๊าซจุดนำมีปริมาณมากกว่าก๊าซชีวภาพที่จะทำการเผาทิ้ง	2		6

ทะเบียนความเสี่ยงและมาตรการบริหารจัดการความเสี่ยง (ต่อ)

ลำดับที่	กิจกรรม/อุปกรณ์	สถานการณ์/ความล้มเหลว	ระดับความเสี่ยง	แผนบริหารความเสี่ยง	
				แผนลด	แผนควบคุม
16	มอเตอร์ของ roots blower เกิดการ trip	มอเตอร์หยุดทำงาน	2		7
17	ผ้าใบโดมที่หัวถังขาด	ก๊าซชีวภาพรั่วไหลออกสู่บรรยากาศ ถ้ามีปริมาณมากและมีประกายไฟอาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้	2		5
18	ระดับน้ำที่หัวถังมีปริมาณน้อยเกินไป	ก๊าซชีวภาพรั่วไหลออกสู่บรรยากาศ ถ้ามีปริมาณมากและมีประกายไฟอาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้	2		5
19	ท่อส่งก๊าซชีวภาพแตกร้าว	ก๊าซชีวภาพรั่วไหลออกสู่บรรยากาศ ถ้ามีปริมาณมากและมีประกายไฟอาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้	2		5
20	ระดับน้ำใน water sealed tank ต่ำเกินไป	ก๊าซชีวภาพรั่วไหลออกสู่บรรยากาศ ถ้ามีปริมาณมากและมีประกายไฟอาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้	2		5
21	water sealed tank มีการรั่ว, แตกร้าว	น้ำไหลซึมออกจากถัง ทำให้ก๊าซชีวภาพรั่วไหลออกภายนอกได้ หากเกิดประกายไฟ หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าไม่เป็นชนิดป้องกันการระเบิดจะทำให้เกิดอุบัติเหตุได้	2		5
22	water sealed tank ผุกร่อน	น้ำไหลซึมออกจากถัง ทำให้ก๊าซชีวภาพรั่วไหลออกภายนอกได้ หากเกิดประกายไฟ หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าไม่เป็นชนิดป้องกันการระเบิดจะทำให้เกิดอุบัติเหตุได้	2		5
23	ระดับน้ำใน water sealed tank สูงเกินไป	ไม่สามารถระบายก๊าซชีวภาพออกได้กรณีที่มีปริมาณมาก ทำให้ความดันในถังปฏิกรณ์สูง	2		5
24	flame arrester ถูกกัดกร่อนเสียหายใช้งานไม่ได้	เกิด back fire เนื่องจากเปลวไฟของก๊าซจุดนำมีปริมาณมากกว่าก๊าซชีวภาพที่จะทำการเผาทิ้ง	2		6

ทะเบียนความเสี่ยงและมาตรการบริหารจัดการความเสี่ยง (ต่อ)

ลำดับที่	กิจกรรม/อุปกรณ์	สถานการณ์/ความล้มเหลว	ระดับความเสี่ยง	แผนบริหารความเสี่ยง	
				แผนลด	แผนควบคุม
25	flame detector เสียทำให้ไม่ทราบว่าจุดไฟติดแล้ว	ก๊าซชีวภาพถูกปล่อยออกตลอดเวลา เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม และหากมีประกายไฟเกิดขึ้นจะทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้	2		6
26	ไฟฟ้าดับขณะที่ก๊าซชีวภาพมีความดันสูง	อ่านค่าความดันไม่ได้ ระบบเผาก๊าซทิ้งไม่สั่งงาน ทำให้ความดันสูง ทำให้อุปกรณ์ต่างๆ และถังปฏิกรณ์ได้รับความเสียหาย หากมีการรั่วไหลและเกิดประกายไฟอาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้	2		6
27	back fire	ไฟลุกไหม้ผ่านท่อส่งไปยังถังปฏิกรณ์ที่มีก๊าซชีวภาพอยู่ปริมาณมาก ทำให้เกิดเพลิงไหม้	2		6
28	Gas filter tank ถูกกัดกร่อนจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์	ก๊าซชีวภาพรั่วไหลออกสู่บรรยากาศ ถ้ามีปริมาณมากและมีประกายไฟอาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้	2		3
29	Knock out drum ถูกกัดกร่อนจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์	ไม่สามารถลดน้ำ และทำความสะอาดก๊าซชีวภาพได้	2		3
30	ท่อระบายน้ำออกทางด้านล่างอุดตัน	มีปริมาณน้ำค้างอยู่ภายในอุปกรณ์มาก ซึ่งไปขัดขวางการไหลของก๊าซชีวภาพไปยังจุดใช้งาน ลดความชื้นของก๊าซชีวภาพไม่ได้ หยดน้ำไปเกาะเป็นคราบตะกรันที่อุปกรณ์ความปลอดภัยต่างๆ ทำให้เกิดการระเบิดขึ้นได้	2		3
31	อุณหภูมิน้ำของ Air chiller สูงเกินไป	ลดความชื้นของก๊าซชีวภาพได้ลดลง	2		3
32	มีการอุดตันของท่อน้ำเย็นของ Air chiller	ลดความชื้นของก๊าซชีวภาพได้ลดลง	2		3

ทะเบียนความเสี่ยงและมาตรการบริหารจัดการความเสี่ยง (ต่อ)

ลำดับที่	กิจกรรม/อุปกรณ์	สถานการณ์/ความล้มเหลว	ระดับความเสี่ยง	แผนบริหารความเสี่ยง	
				แผนลด	แผนควบคุม
33	ปั๊มน้ำไหลเวียนของ Airchiller เสีย	ลดความชื้นของก๊าซชีวภาพได้ลดลง	2		3
34	ท่อส่งน้ำเย็นของ Air chiller แตกร้าว	ลดความชื้นของก๊าซชีวภาพได้ลดลง	2		3
35	คอมเพรสเซอร์ของ Air chiller ไม่ทำงาน	ลดความชื้นของก๊าซชีวภาพได้ลดลง	2		3
36	มีน้ำยาในระบบ Air chiller น้อย	ลดความชื้นของก๊าซชีวภาพได้ลดลง	2		3
37	สปริงเกอร์ของระบบกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์อุดตัน	ลดความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้น้อย ทำให้ไปกัดกร่อนอุปกรณ์เครื่องกลชำรุด	2		8
38	กำมะถันตกค้างอยู่ภายในระบบกำจัดปริมาณมาก	ประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ลดลง	2		8
39	ผนังระบบกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ถูกกัดกร่อน	น้ำภายในระบบรั่วซึมออกมาภายนอก ทำให้ก๊าซชีวภาพรั่วไหลออกมาสู่บรรยากาศ	2		8
40	circulation pump ของระบบกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์ไม่ทำงาน	ไม่มีการทำความสะอาดก๊าซชีวภาพปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์สูง จนไปกัดกร่อนอุปกรณ์ต่างๆ	2		8
41	automatic drainer สปริงค้างแข็ง ไม่ยุบตัว	ทำให้น้ำค้างอยู่ในท่อปริมาณมาก ซึ่งขัดขวางการไหลผ่านของก๊าซชีวภาพ และความชื้นของก๊าซชีวภาพไม่ลด อุปกรณ์ความปลอดภัยได้รับความเสียหาย	2		3
42	automatic drainer สปริงค้างแบบยุบตัว ทำให้ก๊าซชีวภาพรั่วไหลออกตลอดเวลา	ก๊าซชีวภาพรั่วไหลออกสู่บรรยากาศ ถ้ามีปริมาณมากและมีประกายไฟอาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้	2		3

ทะเบียนความเสี่ยงและมาตรการบริหารจัดการความเสี่ยง (ต่อ)

ลำดับที่	กิจกรรม/อุปกรณ์	สถานการณ์/ความล้มเหลว	ระดับความเสี่ยง	แผนบริหารความเสี่ยง	
				แผนลด	แผนควบคุม
43	ตะไคร่น้ำอุดตันปลายท่อ automatic drainer	น้ำไม่สามารถไหลออกได้ ซึ่งไปขัดขวางการไหลผ่านของก๊าซชีวภาพ และทำให้ก๊าซชีวภาพมีความชื้นสูง	2		3
44	automatic drainer ถูกกัดกร่อนจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์	ไม่สามารถลดความชื้นของก๊าซชีวภาพได้	2		3
45	automatic drainer ระบายน้ำไม่ทัน	ไม่สามารถลดความชื้นของก๊าซชีวภาพได้	2		3
46	ก๊าซชีวภาพที่ส่งไป Generator มีความชื้นสูง	มีหยดน้ำไปเกาะที่อุปกรณ์ทำให้อุดตันเครื่องจักรได้	2		3
47	เสียงการทำงานของ Generator	พนักงานได้รับมลภาวะทางเสียง	2		10
48	ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้มีปริมาณมากกว่าพื้นที่เก็บ	ก๊าซชีวภาพรั่วไหลออกทางชายผ้าใบจนกระทั่งทำให้ผ้าใบฉีกขาดจากแรงดันของก๊าซชีวภาพ	2		5
49	น้ำขังอยู่ด้านบนผ้าใบ storage gas	ทำให้เกิดการรั้งเมื่อมีปริมาณก๊าซชีวภาพมาก ทำให้ผ้าใบฉีกขาดได้	2		5
50	สภาพลมแรงทำให้ผ้าใบของ starage gas ฉีกขาด	ก๊าซชีวภาพรั่วไหลสู่บรรยากาศ หากมีปริมาณมากและมีประกายไฟเกิดขึ้นอาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้	2		5
51	ระดับน้ำที่ชายขอบของ starage gas อยู่ระดับต่ำเกินไป	ก๊าซชีวภาพรั่วไหลสู่บรรยากาศ หากมีปริมาณมากและมีประกายไฟเกิดขึ้นอาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้	2		5
52	ผ้าใบที่ใช้ไม่มีความแข็งแรง และฉีกขาดง่าย	ก๊าซชีวภาพรั่วไหลได้ และมีอายุการใช้งานสั้น	2		5
53	เกิดประกายไฟขึ้นระหว่างที่ทำการเจียรผ้าใบเพื่อซ่อมแซมรอยรั่ว	เกิดเพลิงไหม้ขึ้น	2		9

ทะเบียนความเสี่ยงและมาตรการบริหารจัดการความเสี่ยง (ต่อ)

ลำดับที่	กิจกรรม/อุปกรณ์	สถานการณ์/ความล้มเหลว	ระดับความเสี่ยง	แผนบริหารความเสี่ยง	
				แผนลด	แผนควบคุม
54	มีการสะสมของก๊าซมีเทนที่รั่วไหลอยู่บริเวณที่ทำการซ่อมแซมรอยรั่วของผ้าใบ	เกิดเพลิงไหม้ขึ้น	2		9
55	เกิดประกายไฟขึ้นระหว่างทำการตัดต่อท่อ	เกิดเพลิงไหม้ขึ้น	2		9
56	มีการสะสมของก๊าซมีเทนที่รั่วไหลอยู่บริเวณที่ทำการตัดต่อท่อ	เกิดเพลิงไหม้ขึ้น	2		9
57	มีปริมาณอากาศอยู่ในห้องเผาไหม้มากเกินไป	ทำให้เกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เกิดก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ สามารถติดไฟได้ที่ความเข้มข้น 12.5-74% ซึ่งอาจทำให้เกิดการระเบิดในเตาได้	2		2
58	มีปริมาณอากาศน้อยขณะที่ทำความสะอาดภายใน reactor	พนักงานขาดอากาศหายใจ อาจหมดสติหรือเสียชีวิตได้	2		9
59	กรณีที่ไม่มี flame arrester เกิด back fire	ไฟลุกไหม้ผ่านท่อส่งไปยังถังปฏิกรณ์ที่มีก๊าซชีวภาพอยู่ปริมาณมาก ทำให้เกิดเพลิงไหม้	2		6

BIOGRAPHY

NAME	Kamontorn Chuenchom
DATE OF BIRTH	17 January 1977
PLACE OF BIRTH	Bangkok, Thailand
INSTITUTION ATTENDED	The University of The Thai Chamber of Commerce, 1995-1998 Bachelor of Science (Food Science) Mahidol University, 2004-2010 Master of Science (Industrial Hygiene and Safety)
POSITION & OFFICE	Quality control supervisor Chol Charoen Co.,Ltd. 204 Moo 3 T.Nongchark A.Banbung Chon-Buri Province 20170, Thailand Tel : 0-3875-2396 E-mail : kamontorn@hotmail.com
HOME ADDRESS	249/67 Moo 3 T.Nongchark A.Banbung Chon-Buri Province 20170, Thailand