

การเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้เทคโนโลยีสะอาดสำหรับอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม
ในประเทศไทย



นางอรทัย ชาวลาภฤทธิ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม สหสาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2547

ISBN : 974-17-6419-7

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**OPTIMIZATION OF CLEAN TECHNOLOGY PRACTICES FOR THE
THAI CRUDE PALM OIL INDUSTRY**

Mrs. Orathai Chavalparit


**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy in Environmental Management
(Inter-Department)
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 2004
ISBN : 974-17-6419-7
Copyright of Chulalongkorn University**

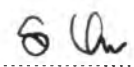
Thesis Title OPTIMIZATION OF CLEAN TECHNOLOGY PRACTICES
FOR THE THAI CRUDE PALM OIL INDUSTRY
By Mrs. Orathai Chavalparit
Field of Study Environmental Management
Thesis Advisor Assistant Professor Sutha Khaodhiar, Ph.D.
Thesis Co-Advisor Jirdsak Tscheikuna, Ph.D.

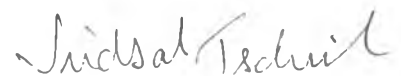
Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in Partial
Fulfillment of the Requirements for the Doctor's Degree


..... Dean of the Graduate School
(Assistant Professor M.R. Kalaya Tingsabadh, Ph.D.)

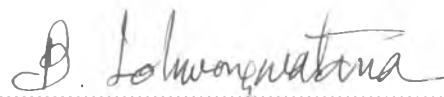
THESIS COMMITTEE


..... Chairman
(Professor Piamsak Menasveta, Ph.D.)


..... Thesis Advisor
(Assistant Professor Sutha Khaodhiar, Ph.D.)

..... Thesis Co-advisor
(Jirdsak Tscheikuna, Ph.D.)

..... Member
(Professor Arthur P.J. Mol, Ph.D.)

..... Member
(Assistant Professor Boonyong Lohwongwatana)

..... Member
(Jullapong Thaveesri, Ph.D.)

..... Member
(Khemarath Osathaphan, Ph.D.)

อรรถย ชวาลภาฤทธิ์ : การเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้เทคโนโลยีสะอาดสำหรับอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มในประเทศไทย (OPTIMIZATION OF CLEAN TECHNOLOGY PRACTICES FOR THE THAI CRUDE PALM OIL INDUSTRY) อ.ที่ปรึกษา: ผศ. ดร. สุธา ขาวเขียว; อ.ที่ปรึกษาร่วม: อ.ดร. เจดศักดิ์ ไชยคุณา , 194 หน้า ISBN 974-17-6419-7

ศักยภาพของการใช้เทคโนโลยีสะอาดร่วมกับการพัฒนาอุตสาหกรรมเชิงเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม และการวิเคราะห์เครือข่ายที่มีความสำคัญสามประการ (triad network analysis) เพื่อปรับปรุงสภาพแวดล้อมของอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มในประเทศไทย ทฤษฎีนี้ใช้เพื่อวิเคราะห์การนำเทคโนโลยีสะอาดที่ปฏิบัติจริงในโรงงาน และวิเคราะห์ความเป็นไปได้รวมทั้งเสนอแนะมาตรการการดำเนินการเทคโนโลยีสะอาด ซึ่งการวิจัยนี้จะใช้โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มเพื่อเป็นกรณีศึกษา โดยศึกษาข้อมูลและสำรวจภาพรวมของอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มทั้งหมดในประเทศไทย รายละเอียดในด้านการพัฒนาและการใช้เทคโนโลยีสะอาดของโรงงานรวมทั้งการนำของเสียกลับมาใช้ใหม่ ศึกษาวิเคราะห์ปัจจัยทางด้านนโยบาย เศรษฐศาสตร์ และสังคมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาและการดำเนินการเทคโนโลยีสะอาดของโรงงานและการนำของเสียกลับมาใช้ใหม่ เพื่อนำไปลดอุปสรรคและส่งเสริมการดำเนินการเทคโนโลยีสะอาดของโรงงาน การศึกษานี้ได้เปรียบเทียบข้อมูลการพัฒนาด้านเทคโนโลยีและแผนงานที่เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมนี้ซึ่งได้จากการศึกษาในประเทศมาเลเซียซึ่งจัดเป็นการปฏิบัติที่ดีของอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม

ผลการศึกษาพบว่าเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด และการพัฒนาอุตสาหกรรมเชิงเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมมีความสำคัญสำหรับการนำของเสียกลับมาใช้ใหม่ของอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม เพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ของการลดหรือไม่มี การปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อม และพัฒนาเป็นอุตสาหกรรมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การพัฒนาอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มในประเทศไทยให้มีการพัฒนาอย่างยั่งยืน จะต้องมีการปรับปรุงแผนงานนโยบาย และกลยุทธ์ระดับชาติ โดยจัดตั้งหน่วยงานหรือคณะกรรมการของรัฐหรือในกำกับของกระทรวงอุตสาหกรรม เพื่อทำงานรับผิดชอบอุตสาหกรรมนี้โดยเฉพาะ โดยหน่วยงานนี้จะต้องทำงานประสานงานร่วมกัน ระหว่างหน่วยราชการ มหาวิทยาลัย และสมาคมอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม โดยทำการวิจัยพัฒนาสมรรถภาพการผลิตน้ำมันปาล์ม ตั้งแต่การศึกษามลพิษปนเปื้อนน้ำมันที่มีคุณภาพดีมีน้ำมันเป็นองค์ประกอบในเมล็ดสูง จนกระทั่งการผลิตและการแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าของน้ำมันปาล์ม มีหน่วยงานเพื่อการแลกเปลี่ยนของเสียภายใต้การกำกับของกระทรวงอุตสาหกรรม เพื่อเป็นศูนย์รวมข้อมูลทางด้านของเสียและเผยแพร่การนำของเสียไปใช้ประโยชน์ โดยเฉพาะการนำของเสียจากกระบวนการผลิตของโรงงานมาใช้เป็นปุ๋ยในสวนปาล์มเพื่อลดต้นทุนการปลูกปาล์มน้ำมัน จะต้องมีการเสริมสร้างความเข้มแข็งของปัจจัยทางเศรษฐศาสตร์ โดยสนับสนุนให้มีการจัดตั้งสมาคมน้ำมันปาล์มเพื่อทำงานประสานระหว่างอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มในระดับต่าง ๆ ตั้งแต่ชาวสวนปาล์ม โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และโรงกลั่นน้ำมันปาล์ม นอกจากนี้สมาคมน้ำมันปาล์มควรจะเป็นตัวแทนของผู้ผลิตในการกำหนดแผนและนโยบายของน้ำมันปาล์มระดับประเทศ

ภาควิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม

ลายมือชื่อนิติ..... Galus Toiy

สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... Non Nole

ปีการศึกษา 2547

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4389672920 : MAJOR ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

KEY WORD : CRUDE PALM OIL INDUSTRY / INDUSTRIAL ECOLOGY / TRIAD NETWORK / CLEAN TECHNOLOGY / ENVIRONMENTAL IMPROVEMENT

ORATHAI CHAVALPARIT : OPTIMIZATION OF CLEAN TECNOLOGY PRACTICES FOR THE THAI CRUDE PALM OIL INDUSTRY. THESIS

ADVISIOR : ASSIT. PROF. SUTHA KHAODHIAR, Ph.D. THESIS CO-ADVISOR: JIRDSAK TSCHEIKUNA, Ph.D., 194 pp. ISBN :974-17-6419-7.

The combination of clean technology, industrial ecology and triad network analysis seems to be a good approach in handling environmental impact from crude palm oil industry in Thailand. To improve the environmental performance of Thai crude palm oil industry by applying these theory, we have to identify clean technologies and the theoretical and practical assessment of these technologies and to analyze and access the possibilities and the potency for improving the environmental performance of the mill, based on the combination and integration of existing clean technology and industrial ecology approach. For this Therefore case study research offers the most relevant methodology. Within this case study, the issues to be concerned are to evaluate the environmental performance of existing production processes, to identify cleaner technology options, to assess the feasibility of cleaner production and waste exchange application in Thailand. Finally the concept of the triad-network approach is use to analyse the implementation barriers for cleaner production and to develop strategies to overcome these barriers.

These case studies reveal that clean technology and industrial ecosystem is needed for crude palm oil industry by reuse, recycle, and utilization of solids and liquid waste and appropriate energy management to achieve the goal of almost zero discharge of pollutants concepts. Then the palm oil mill will become an environmental friendly industry. To move crude palm oil industry in Thailand more sustainable, the national policy frameworks and strategies for the achievement of clean technology and waste exchange should be reform. The first initiative is the establishment of Thai Palm Oil institute (TPOI), a government unit, to take care of crude palm oil industry complex. This government unit should play important role to enhance the production efficiency of Thai palm oil industry through R&D and also encompasses registration and enforcement activities to ensure the competitiveness and sustainability of this industry. The second initiative is involves strengthening economic drivers of environmental performance, including palm oil millers and oil palm planters by organizing Thai Palm Oil Association (TPOA) in order to link between government institute and various actors of palm oil industry. The TPOA should be a representative of planters and millers in TPOI and involves in policy planning of the industry and provides information on technologies that are related to production and waste management. Consequently, government should encourage the growth of such industry by expand investment in downstream, including refinery, oleochemical industry, and food processing products.

Inter-department Environmental Management Student's signature Orathai Chavalparit
 Field of study Environmental Management Advisor's signature S. Sutha
 Academic year 2004 Co-advisor's signature Jirdsak Tschekuna

ACKNOWLEDGEMENTS

First of all I would like to thankful acknowledge my advisor, Assist. Prof. Sutha Khaodhiar, and my co-advisor, Dr. Jirdsak Tscheikuna, for giving me the great opportunity to do this research and for their kindness guidance throughout my thesis. I am grateful to Professor Dr. Piamsak Menasveta, Chairman of the committee, Professor Dr. Arthur P.J. Mol, Asist. Prof. Boonyong Lohwongwatana, Dr. Jullapong Thaveesri, and Dr. Khemarath Osathaphan, members of thesis committee for worthy comments.

I am deeply indebted to Professor Dr. Arthur P.J. Mol and Professor Dr. Wim Rulkens, Wageningen University. I would like to express my sincere thanks and appreciation for their valuable advice, guidance and encouragement throughout my research.

Special thanks go to Dr. Peter Oosterveer, Mr. Yongyut Thongsuk, Miss Boonsom Leuisrivilai, Mr. Thanarak Phongphatar, Miss Ladda Benchapornkulaniij, Miss Krityaporn Thapatath, Mr. Decha Pimpisit, and Miss Poonsook Sricharoen for their support in conducting this study.

I would also like to thank to many professionals for their assistance including, palm oil mill factories, Department of Industrial work, Provincial Industrial Office, Tambol Administration Organizations, Industrial Estate Authority of Thailand and related organizations on providing the valuable information supported my study. Many thanks of course due to the persons interviewed for the research, who provided the information that forms the empirical body of this work. Many of these interviews were indeed inspiring to me.

I highly appreciate the support of my colleagues, staffs and students in the Department of Environmental Engineering, Chulalongkorn University. Also grateful thanks my friends for their helpful at all time.

Finally, it is my pressure to express special thanks to my husband, my parents and my family for their loves and continuing support and encouragement.

CONTENTS

	PAGE
ABSTRACT (IN THAI)	iv
ABSTRACT (IN ENGLISH)	v
ACKNOWLEDGEMENT	vi
CONTENTS	vii
LIST OF TABLES	ix
LIST OF FIGURES	xi
CHAPTER 1 INTRODUCTION	
1.1 Introduction to Palm Oil Industry.....	1
1.2 Environmental Pollution of Crude Palm Oil.....	6
1.3 Environmental Protection Development of Thai Crude Palm Oil.....	8
1.4 Research Objectives.....	9
1.5 Structure of Thesis.....	10
CHAPTER 2 CONCEPTUALIZING INDUSTRIAL ENVIRONMENTAL REFORM	
2.1 Development of Industrial Waste Management.....	12
2.2 End-of-Pipe Treatment.....	15
2.3 Cleaner Production.....	17
2.4 Industrial Ecology.....	22
2.5 Conclusions.....	30
CHAPTER 3 POLLUTION PREVENTION METHODOLOGY	
3.1 Introduction.....	31
3.2 Research Methodology.....	31
3.3 Literature Review and Existing Data Collection.....	32
3.4 Pollution Prevention Methodology.....	35
3.5 Actor Network Analysis: Analysis the Implementation Barrier for Cleaner Production and Develop Strategies to Overcome these Barrier.....	38
CHAPTER 4 INDUSTRIAL ENVIRONMENTAL MANAGEMENT ORGANIZATIONS AND REGULATIONS	
4.1 Introduction.....	42
4.2 Governmental Environmental Organization and Actors.....	42
4.3 Environmental Legislation.....	53
4.4. National Policy on CPO Industry.....	58
CHAPTER 5 INDUSTRIAL ECOSYSTEM : A CASE STUDY OF A CRUDE PALM OIL MILL LOCATED IN COMMUNITY	
5.1 Introduction.....	60
5.2 Production Process and Environmental Aspects.....	60

CONTENTS (Cont.)

	PAGE
5.3 Existing Environmental Performance of Factory A.....	78
5.4 Improving Environmental Performance of Factory A.....	82
5.5 Conclusion.....	98
CHAPTER 6 CRUDE PALM OIL INDUSTRY IN THAILAND : EXISTING TECHNOLOGY AND ENVIRONMENTAL PERFORMANCE AND IMPROVEMENT OPTIONS	
6.1 Introduction.....	99
6.2 Introduction to Studied factories.....	99
6.3 Environmental Performance of Crude Palm oil Industry in Thailand.....	101
6.4 Factors Effecting Environmental Performance of CPO Industry	109
6.5 Improving Environmental Performance of Crude Palm Oil Industry in Thailand.....	114
6.6 Technological Model of an almost Zero Waste Industrial Ecosystem.....	118
6.7 Conclusion.....	122
CHAPTER 7 ACTORS AND INSTITUTIONS IN INDUSTRIAL ECOSYSTEM OF CRUDE PALM OIL MILLS	
7.1 Introduction.....	123
7.2 Economic Network Analysis.....	123
7.3 Policy Network.....	134
7.4 Societal Network Analysis.....	138
7.5 Barriers and Opportunities to move CPO Industry to more Sustainability.....	142
7.6 Conclusion.....	147
CHAPTER 8 CONCLUSTIONS	
8.1 Technological Improvement for Environmental performance of Crude Palm Oil Industry.....	150
8.2 Barriers for Clean Technology Implementation in Thai CPO Industry.....	151
8.3 Strategy towards Better Environmental Management in the CPO Industry.....	151
REFERENCES	154
APPENDIX	163
BIOGRAPHY	195

LIST OF TABLES

Table	Page
1.1 Non-food uses of palm oil products.....	3
1.2 Thailand: Palm Oil Industry-Basic Statistics.....	4
1.3 Quantity and value import and export palm oil in Thailand.....	5
1.4 Comparison of CPO production efficiency between Thailand and Malaysia.....	7
1.5 Characteristics of raw wastewater and effluent from crude palm oil mills in Thailand and Malaysia.....	7
2.1 Technology, economy, state and civil society in environmental reform.....	14
2.2 Difference between pollution control and cleaner production.....	18
2.3 Barrier of cleaner production implementation in industry.....	21
2.4 The difference among end-of-pipe treatment, cleaner production and industrial ecology approach.....	23
3.1 Number of CPO factories in various size.....	34
3.2 Factories represent for different technology and location.....	35
3.3 Number of the relevant actors are interviewed.....	41
4.1 Responsibility of the divisions within Department of Industrial Works.....	47
4.2 Departments under MNRE and their responsible.....	49
4.3 Environmental Management at enterprise level in the case studies.....	53
4.4 Major environmental legislation regarding industry.....	56
4.5 Main policies involved in cleaner production.....	56
5.1 Demand of raw materials for production of the company A.....	65
5.2 Water demand for crude palm oil production process of factory A.....	66
5.3 Characteristic of wastewater from production process and wastewater treatment plant of factory A.....	67
5.4 Quantity of solid wastes/by-products generated form the factory A.....	68
5.5 Energy balance of production process of factory A.....	75
5.6 Production cost per ton crude palm oil of factory A.....	77
5.7 Chemical composition on dry basis of fiber and shell.....	79
5.8 Composition of EFB, decanter sludge and composting (dry basis).....	83
5.9 Morphological properties of fibers from oil palm, hardwood and soft wood.....	84
5.10 Properties of Bleach Kraft Pulp.....	85
5.11 Comparison of mechanical and physical properties of EFB, MDF after pre-treatment with water and NaOH with the National Particle Board Association (NPA) Standard.....	85
5.12 Properties of activated carbon from palm kernel shell compared to coconut shell.....	86
5.13 Chemical composition of decanter sludge.....	88
5.14 Nutrient analysis of POME concentrate from evaporation.....	90
5.15 Quality of distillate from evaporation.....	90
5.16 Comparison of Completely mixed anaerobic digestion tank and Cover lagoon system.....	91

LIST OF TABLES (Cont.)

Table	Page	
5.17	Characteristic of raw wastewater from crude palm oil mills in Thailand and Malaysia.....	92
5.18	Lab scale of various wastewater treatment processes for treating POME...	94
5.19	Process parameters for CSTR and thermophilic anaerobic digestion system of palm oil mill.....	94
5.20	Designs parameter of the purposed WWTP for crude palm oil factory.....	95
6.1	Comparison of general data of five selected factories.....	100
6.2	Oil loss in wastewater from the five studied factories.....	102
6.3	The average of oil yield and waste generation from five selected factories in Thailand.....	103
6.4	Water usage and wastewater generation at 5 selected crude palm oil mills	104
6.5	Summaries of the emissions associated with the crude palm oil production	104
6.6	Pollution load from the five selected crude palm oil factories.....	105
6.7	Characteristics of wastewater from various process steps of a selected factory A.....	105
6.8	Pollution from various process steps of factory A.....	106
6.9	Quantity of solid waste/by-products generated in the five selected factories.....	108
6.10	Comparison of indicator of crude palm oil industry.....	109
6.11	Comparison of environmental performance of CPO industry.....	110
6.12	Classification of environmental performance of crude palm oil industry on the basis of environmental management.....	111
6.13	Comparison of production efficiency of CPO mills at different oil recovery process.....	112
6.14	Comparison of water consumption of CPO mills at different technology and location.....	112
6.15	Comparison of electricity consumption of CPO mills at different technology and location.....	112
6.16	Comparison of oil loss in wastewater from CPO mills.....	113
6.17	The average value of environmental performance indicator of different location of crude palm oil mills.....	113
6.18	Balance of fertilizer demand for oil palm plantation area.....	121
7.1	Distribution of oil palm grower and plantation area.....	125
7.2	Relation between mill and different group of oil palm planter.....	127
7.3	Government institutions related to environmental improvement of crude palm oil industry.....	135
7.4	Activity on environmental improvement of factory A.....	140
7.5	Complaint statistic of 5 selected crude palm oil industry.....	142
7.6	Ranging of the actors that influence on clean technology application.....	143

LIST OF FIGURES

Figure		Page
1.1	Map of the largest palm oil producing countries in the world.....	1
1.2	World palm oil production 1996-2000.....	2
1.3	Plantation area and production capacity of crude palm oil in Thailand.....	5
1.4	The price of crude palm oil in Thailand compared to Malaysia.....	6
1.5	Palm oil solid waste applications.....	8
2.1	Development of industrial waste management practices.....	13
2.2	Hierarchy for cleaner production.....	19
2.3	Type of industrial ecosystem.....	25
2.4	The major components of an industrial ecosystem.....	26
3.1	Methodology flowchart of this study.....	32
3.2	Literature review and existing data collection flowchart of this study.....	33
3.3	Flowchart of pollution prevention methodology.....	36
3.4	Triad networks relevant to crude palm oil factory.....	39
4.1	Thailand's Administrative structure.....	43
4.2	General organization flowchart of environmental management of industry in Thailand.....	44
4.3	Organization chart of Department of Industrial works.....	46
4.4	Organization chart of the Provincial Industrial Office.....	50
4.5	Structure of the TAO according to the Tambon Administration Organization	51
4.6	The organization chart of PAO.....	51
5.1	Schematic flow diagram of crude palm oil production in factory A.....	61
5.2	Schematic energy flow diagram of factory A.....	61
5.3	Mass balance of production process of factory A.....	62
5.4	Layout of wastewater pond system of factory A.....	68
5.5	Mass balance of sterilization step.....	69
5.6	Mass balance of thresher step.....	70
5.7	Mass balance of digestion step.....	70
5.8	Mass balances of oil extraction and solid waste/ by-product separation step..	71
5.9	Mass balance of suspended solids removal step.....	71
5.10	Mass balance of oil clarification step.....	72
5.11	Mass balance of sludge treatment step.....	73
5.12	Mass balance in term of dry weight.....	73
5.13	Water balance of factory A.....	74
5.14	Energy balance in production process of factory A.....	76
5.15	Energy balance in production process of factory A.....	77

LIST OF FIGURES (Cont.)

Figure		Page
5.16	Income per ton of fresh frit bunch processing (Baht/ ton FFB) of factory A..	78
5.17	Water treatment costs and other chemical costs (Baht/ ton FFB processing) of factory A.....	78
5.18	Waste generation rate from Factory A.....	79
5.19	Recycling of condensate to boiler.....	80
5.20	Flowchart of straw mushroom cultivation using empty fruit brunch as media	81
5.21	The existing industrial ecosystem model of factory A.....	82
5.22	Flowchart of activated carbon preparation by zinc chloride activation.....	87
5.23	Indirect, horizontal dryer used in decanter cake drying.....	88
5.24	Proposed WWTP for crude palm oil mill wastewater located far from plantation area.....	95
5.25	Material balance of the proposed physical-technological model an almost zero waste industrial ecosystem at factory A.....	97
6.1	Schematic diagram of alternative or sub process of 5 selected factories.....	101
6.2	Composition of fresh fruit bunch (%) -dry weight average of five in Thailand.....	103
6.3	Schematic flow diagram of sub process of wastewater treatment plant	107
6.4	Average value of waste generation rate (per ton FFB) from 5 study crude palm oil mills.....	108
6.5	In-plant and cross industry waste reuse/ recycle.....	114
6.6	Waste management options for improving environmental performance of crude palm oil mill.....	114
6.7	On-site reuse/ recycle in crude palm oil factory.....	116
6.8	By-product/ waste application.....	117
6.9	The existing industrial ecosystem model of five case study factories both situated closed to community and in plantation area.....	119
6.10	Material balance of the proposed physical-technological model of an almost zero waste industrial ecosystem of mill located closed to community.....	120
6.11	Material balance of the proposed physical-technological model of an almost zero waste industrial ecosystem	121
7.1	Economic networks relevant to crude palm oil factory.....	123
7.2	Marketing channel of oil palm and oil palm product (adapted from).....	124
7.3	Policy networks relevant to crude palm oil mill.....	134
7.4	Chart of environmental regulations following environmental complaint.....	140