

**PENILAIAN KE ATAS PENGGUNAAN HAMPAS ISIRONG KELAPA
SAWIT TERFERMENTASI (FPKC) SEBAGAI MAKANAN TERNAKAN
ALTERNATIF**

oleh

LIM SIEW LING

**Tesis yang diserahkan untuk
memenuhi keperluan bagi Ijazah Sarjana Sains**

Mei 2001

PENGHARGAAN

Saya ingin mengambil kesempatan ini untuk mengucapkan jutaan terima kasih kepada Profesor Ibrahim Che Omar selaku penyelia saya atas segala bimbingan dan tunjukajar yang telah diberikan sewaktu kajian dijalankan dan sepanjang penulisan tesis.

Ucapan terima kasih yang tidak terhingga ingin saya ucapkan kepada Profesor Madya Dr. Darah Ibrahim yang telah banyak membantu, memberikan galakkan sepanjang kajian dijalankan, dan Dr. Ng Wing Keong yang telah sudi membenarkan saya menggunakan kemudahan di makmalnya dan menghulurkan bantuan sewaktu kajian dijalankan. Tidak dilupakan juga kepada kakitangan Pusat Pengajian Sains Kajihayat, Rumah Haiwan dan ahli-ahli Makmal Fermentasi dan Teknologi Enzim di atas kerjasama, sokongan dan galakan yang diberikan. Terima kasih juga kepada semua rakan yang telah terlibat secara langsung dan tidak langsung dalam memberikan galakkan dan kerjasama.

Akhir sekali, saya juga mengucapkan terima kasih kepada ahli keluarga tersayang yang telah menjadi sokongan terbesar di belakang penyelidikan ini.

Lim Siew Ling

Mei 2001

KANDUNGAN

MUKASURAT

PENGHARGAAN	ii
KANDUNGAN	iii
SENARAI RAJAH	ix
SENARAI JADUAL	xii
SENARAI GAMBARFOTO	xiv
ABSTRAK	xvi
ABSTRACT	xviii

BAB 1 PENGENALAN

1.1	Prospek industri makanan haiwan di Malaysia	1
1.2	Penggunaan sisa buangan dan hasil sampingan sebagai makanan haiwan	3
1.2.1	Penggunaan sisa buangan agro-industri sebagai makanan haiwan ternakan	4
1.3	Status industri kelapa sawit serta sisa buangan dari industri minyak sawit	5
1.3.1	Hampas isirong kelapa sawit (PKC)	9
1.3.2	Penggunaan hampas kelapa sawit (PKC) sebagai makanan haiwan	13
1.3.2.1	PKC sebagai makanan haiwan ruminan	16
1.3.2.2	PKC sebagai makanan haiwan bukan ruminan	18
1.4	Memperbaiki mutu dan nilai pemakanan hasil sisa buangan melalui pemrosesan bahan buangan agro-industri	23
1.4.1	Pengolahan secara fiziks	24
1.4.2	Pengolahan secara kimia	25
1.4.3	Pengolahan secara biologi	27

1.5	Kaedah penyediaan makanan haiwan ternakan melalui proses pemfermentasian	29
1.5.1	Pemfermentasian kultur tenggelam (FKT)	29
1.5.2	Pemfermentasian keadaan pepejal (FKP)	30
1.6	Kepentingan dan kebaikan proses pemfermentasian keadaan pepejal	32
1.6.1	Kepentingan FKP	32
1.6.2	Kebaikan proses FKP	34
1.7	Prospek masa hadapan sistem FKP	37
1.8	Objektif penyelidikan	39

BAB 2 BAHAN DAN KAEDAH

2.1	Sumber mikroorganisma	40
2.1.1	Pemencilan kulat	40
2.2	Peringkat penyaringan pencilan yang berpotensi	41
2.2.1	Pengkulturan pencilan pada substrat PKC	41
2.2.2	Pensampelan semasa pengkulturan	42
2.3	Penentuan pertumbuhan kulat	42
2.4	Analisis proksimat substrat PKC sebelum dan selepas pemfermentasian	43
2.4.1	Penentuan kelembapan dan jirim kering	43
2.4.2	Penentuan protein kasar	44
2.4.3	Penentuan lipid kasar	46
2.4.4	Penentuan abu	47
2.4.5	Penentuan serat kasar	47

2.5	Pengoptimuman ke atas pengkulturan bagi pengkayaan protein kasar dan pertumbuhan pencilan terpilih	48
2.5.1	Pengoptimuman keadaan pengkulturan	49
2.5.2	Kesan penambahan medium	50
2.5.3	Kesan penambahan sumber karbon	52
2.5.4	Pengolahan secara fiziks dan kimia terhadap PKC	52
2.5.5	Pengolahan enzim	56
2.6	Ujian penggunaan PKC terfermentasi (FPKC) sebagai makanan haiwan ternakan	56
2.6.1	Pemfermentasian PKC dalam sistem dulang	57
2.6.2	Ujian pemakanan peringkat pertama	57
2.6.3	Ujian pemakanan peringkat kedua dan ketiga	60
2.6.4	Kajian ketoksikan PKC terfermentasi	62

BAB 3 PENYARINGAN MIKROORGANISMA TERPILIH DAN PENGOPTIMUMAN SISTEM PEMFERMENTASIAN KEADAAN PEPEJAL

3.1	Penyaringan dan pengecaman mikroorganisma	65
3.1.1	Penyaringan mikroorganisma	65
3.1.2	Pengecaman pencilan terpilih	75
3.2	Profil pengkayaan protein kasar dan pertumbuhan <i>Trichoderma koningii</i> sebelum pengoptimuman dilakukan	81
3.3	Pengoptimuman parameter fizikal untuk sistem FKP	83
3.3.1	Kesan paras kelembapan	83
3.3.2	Kesan suhu pengeraman	85
3.3.3	Kesan saiz inokulum	87

4.3.2	Ujian 1 : Penilaian nilai pemakanan diet yang terdiri daripada campuran PKCM atau FPKC dengan serbuk makanan ayam	143
4.3.3	Ujian 2 : Penilaian nilai pemakanan diet yang mengandungi campuran PKCM dan FPKC daripada prapengolahan menggunakan natrium hodroksida	150
4.3.4	Ujian 3 : Penilaian nilai pemakanan diet yang mengandungi campuran PKCM dan FPKC daripada prapengolahan enzim	155
4.4	Kajian kesan pemakanan FPKC ke atas sistem organ ayam	159

BAB 5 PERBINCANGAN

5.1	Analisis keupayaan mikroorganisma untuk pengkayaan protein melalui pemfermentasian keadaan pepejal (FKP)	167
5.2	Pengaruh parameter fizikal ke atas pengkayaan PKC	170
5.3	Keperluan pengudaraan dan pengadukan dalam sistem FKP dan kaitan dengan kandungan protein kasar	178
5.4	Peningkatan nilai pemakanan PKC melalui penambahan garam mineral dan sumber karbon sebelum pemfermentasian	182
5.5	Prapengolahan fiziks, kimia dan enzim ke atas PKC untuk meningkatkan nilai pemakanan	185
5.6	Peningkatan skala proses pemfermentasian keadaan pepejal (FKP)	188
5.7	Keupayaan PKC tanpa pemfermentasian (PKCM) dan PKC terfermentasi (FPKC) sebagai makanan ayam ternakan	190

BAB 6 KESIMPULAN DAN CADANGAN PENYELIDIKAN MASA DEPAN

		194
6.1	Ringkasan dan kesimpulan	194
6.2	Cadangan penyelidikan masa depan	197

SENARAI RAJAH

Rajah 1.1	Proses penghasilan hampas isirong kelapa sawit (PKC).	11
Rajah 2.1	Ringkasan langkah penentuan bahan larut air, hemiselulosa, selulosa dan lignin daripada PKC.	55
Rajah 3.1	Bilangan pencilan dengan peratusan protein kasar pada PKC selepas pemfermentasian selama 3 hari.	68
Rajah 3.2	Bilangan pencilan dengan kepekatan glukosamina pada PKC selepas 3 hari pengkulturan.	69
Rajah 3.3	Profil kandungan protein kasar dan pertumbuhan <i>Trichoderma koningii</i> sebelum-pengoptimuman dilakukan	82
Rajah 3.4	Kesan tahap kelembapan (i/b) ke atas pengkayaan protein kasar dan pertumbuhan <i>Trichoderma koningii</i> pada PKC	84
Rajah 3.5	Kesan suhu pengeraman ke atas pengkayaan protein kasar dan pertumbuhan <i>Trichoderma koningii</i> pada PKC	86
Rajah 3.6	Kesan saiz inokulum ke atas pengkayaan protein kasar dan pertumbuhan <i>Trichoderma koningii</i> pada PKC	88
Rajah 3.7	Kesan saiz zarah ke atas pengkayaan protein kasar dan pertumbuhan <i>Trichoderma koningii</i> pada PKC	90
Rajah 3.8	Kesan ketebalan substrat ke atas pengkayaan protein kasar dan pertumbuhan <i>Trichoderma koningii</i> pada PKC	92
Rajah 3.9	Kesan pengadukan ke atas pengkayaan protein kasar dan pertumbuhan <i>Trichoderma koningii</i> pada ketebalan substrat 0.3 cm.	95
Rajah 3.10	Kesan pengadukan ke atas pengkayaan protein kasar dan pertumbuhan <i>Trichoderma koningii</i> pada ketebalan substrat 1.5 cm.	97
Rajah 3.11	Profil kandungan protein kasar dan pertumbuhan <i>Trichoderma koningii</i> selepas pengoptimuman.	100
Rajah 3.12	Kesan penambahan pelbagai jenis medium ke atas pertumbuhan <i>Trichoderma koningii</i> dan kandungan protein kasar pada PKC	106

Rajah 3.13	Perubahan kandungan lemak kasar dan kesan ke atas pertumbuhan <i>Trichoderma koningii</i> dengan penambahan minyak isirong kelapa sawit mentah (MISM).	108
Rajah 3.14	Kesan penambahan minyak isirong sawit mentah (MISM) ke atas pertumbuhan <i>Trichoderma koningii</i> dan pengkayaan protein kasar pada PKC.	110
Rajah 3.15	Kesan penambahan gula sebagai sumber karbon tambahan ke atas pengkayaan protein kasar dan pertumbuhan <i>Trichoderma koningii</i> .	111
Rajah 3.16	Kesan kepekatan glukosa ke atas pertumbuhan <i>Trichoderma koningii</i> dan pengkayaan protein kasar pada PKC.	113
Rajah 3.17	Pembebasan glukosa daripada PKC selepas pengolahan dengan larutan alkali NaOH.	115
Rajah 3.18	Pembebasan glukosa daripada PKC selepas pengolahan dengan larutan asid HCl.	117
Rajah 3.19	Pembebasan glukosa daripada PKC dengan pemanasan di dalam air suling pada suhu 80°C	118
Rajah 3.20	Kesan pengolahan kimia dan fiziks ke atas perubahan komponen bahan berselulosa.	120
Rajah 3.21	Kesan pengolahan enzim ke atas pembebasan glukosa dari PKC	122
Rajah 3.22	Kesan prapengolahan PKC secara kimia ke atas pertumbuhan oleh <i>Trichoderma koningii</i> , kandungan serat kasar dan kandungan protein kasar.	124
Rajah 3.23	Kesan pengolahan PKC oleh enzim ke atas pertumbuhan <i>Trichoderma koningii</i> , kandungan protein kasar dan kandungan serat kasar.	128
Rajah 3.24	Profil perubahan kandungan glukosa terhidrolisis sepanjang tempoh pemfermentasian oleh <i>Trichoderma koningii</i> .	129
Rajah 4.1	Profil pertumbuhan dan pengkayaan protein kasar melalui proses pemfermentasian dalam sistem dulang.	134
Rajah 4.2	Profil pertumbuhan dan pengkayaan protein kasar melalui proses pemfermentasian PKC yang diolah dengan alkali.	136
Rajah 4.3	Profil pertumbuhan dan pengkayaan protein kasar PKC yang melalui proses pemfermentasian yang diolah dengan enzim.	137

Rajah 4.4	Pertambahan berat badan ayam yang diberikan makanan PKC tanpa pemfermentasian (PKCM) dan PKC terfermentasi (FPKC)	144
Rajah 4.5	Pertambahan berat badan ayam yang diberi makanan dengan pencampuran PKCM dan FPKC dari pengolahan kimia NaOH (0.5M)	151
Rajah 4.6	Pertambahan berat badan ayam yang diberi makanan dengan campuran PKCM dan FPKC yang diolah dengan enzim Vegpro 0.1%(b/b)	158

SENARAI JADUAL

Jadual 1.1	Permintaan makanan haiwan di Semenanjung Malaysia dari 1990-2000 (100 tan)	2
Jadual 1.2	Jumlah kawasan penanaman kelapa sawit di Malaysia (juta hektar)	7
Jadual 1.3	Eksport hasil keluaran minyak sawit dari Malaysia.	8
Jadual 1.4	Penghasilan biojisim dari industri kelapa sawit di Semenanjung Malaysia dan Malaysia Timur (juta tan)	10
Jadual 1.5	Penghasilan sisa buangan dari industri kelapa sawit di Semenanjung Malaysia dan Malaysia Timur (juta tan)	10
Jadual 1.6	Penghasilan isirong kelapa sawit dan eksport PKC dari Malaysia.	14
Jadual 1.7	Peratusan komposisi kimia hampas isirong kelapa sawit (PKC) berdasarkan jisim kering.	14
Jadual 1.8	Komposisi asid amino pada makanan (g/kg)(berdasarkan berat segar)	15
Jadual 1.9	Nilai pemakanan untuk haiwan ruminan.	17
Jadual 1.10	Nilai pemakanan untuk makanan khinzir.	19
Jadual 1.11	Nilai pemakanan untuk makanan ayam.	20
Jadual 1.12	Kegunaan utama proses FKP dalam pelbagai sektor industri.	35
Jadual 2.1	Komposisi pelbagai medium nutrien yang dipilih dalam kajian.	51
Jadual 2.2	Pemformulaan diet makanan ayam untuk kajian.	61
Jadual 2.3	Ringkasan langkah-langkah penyediaan slaid tisu haiwan.	63
Jadual 2.4	Kaedah pewarnaan Haematoxilena-Eosin Erhlich.	64
Jadual 3.1	Ciri-ciri sampel yang digunakan dalam penyaringan mikroorganisma bagi pengkayaan protein kasar pada PKC	66
Jadual 3.2	Kepekatan protein kasar pada PKC terfermentasi berdasarkan jisim kering (b/b) untuk lima pencilan terpilih.	70
Jadual 3.3	Kandungan protein kasar, abu, lipid kasar dan pertumbuhan berdasarkan jisim kering (b/b) untuk lima pencilan yang terpilih.	72

Jadual 3.4	Analisis proksimat kandungan nutrisi PKC serta kepekatan glukosamina sebelum dan selepas pemfermentasian berdasarkan jisim kering.	102
Jadual 3.5	Kandungan nitrogen bukan organik, nitrogen organik dan protein kasar sebelum dan selepas pemfermentasian berdasarkan jisim kering.	104
Jadual 3.6	Analisis proksimat kandungan nutrisi PKC prapengolahan selepas pemfermentasian berdasarkan jisim kering.	131
Jadual 4.1	Analisis proksimat diet terformulasi dengan pencampuran PKC dan FPKC pada tahap 0% (b/b), 25% (b/b) dan 50% (b/b) dengan serbuk makanan ayam.	140
Jadual 4.2	Analisis proksimat diet-diet terformulasi pada tahap pencampuran PKC serta FPKC 25% (b/b) daripada pengolahan alkali NaOH (0.5M) dan enzim Vegpro (0.1%, b/b) dengan serbuk makanan ayam.	140
Jadual 4.3	Nilai-nilai pertumbuhan ayam yang diberi diet kawalan M0, diet mengandungi tahap pencampuran PKC tanpa pemfermentasian dan PKC terfermentasi (FPKC) yang berbeza pada akhir hari ke-36.	143
Jadual 4.4	Nilai-nilai pertumbuhan ayam yang diberi diet kawalan, diet mengandungi pencampuran PKC tanpa pemfermentasian dan FPKC dengan pengolahan alkali.	153
Jadual 4.5	Nilai-nilai pertumbuhan ayam yang diberi diet kawalan, diet mengandungi pencampuran PKC tanpa pemfermentasian dan FPKC dengan pengolahan enzim.	156
Jadual 5.1	Mikroorganisma, substrat, tempoh masa pemfermentasian dan kepekatan protein dalam proses pemfermentasian keadaan pepejal (FKP).	169
Jadual 5.2	Jenis mikroorganisma yang memberikan keracunan dalam makanan ternakan.	193

SENARAI GAMBARFOTO

Gambarfoto 1.1	Isirong kelapa sawit sebelum melalui proses pengekstrakan.	12
Gambarfoto 1.2	Hampas isirong sawit (PKC) yang dihasilkan selepas pengekstrakan pelarut.	12
Gambarfoto 2.1	Rupa bentuk dulang aluminium berukuran 24cm x 36cm x 6cm yang digunakan bagi tujuan pemfermentasian keadaan pepejal.	58
Gambarfoto 2.2	Reka bentuk sangkar berukuran 0.50m x 0.60m x 0.65m yang digunakan dalam ujian pemakanan. Lampu dipasangkan untuk mengawal suhu di dalam sangkar.	61
Gambarfoto 3.1	Pertumbuhan F90 pada substrat PKC selepas 7 hari pengkulturan di dalam kelalang Erlenmeyer 250 ml yang mengandungi 5 g PKC, tahap kelembapan 100% (i/b) pada suhu 30°C.	74
Gambarfoto 3.2	Pertumbuhan F121 pada substrat PKC selepas 7 hari pengkulturan di dalam kelalang Erlenmeyer 250 ml yang mengandungi 5 g PKC, tahap kelembapan 100% (i/b) pada suhu 30°C.	74
Gambarfoto 3.3	Pertumbuhan pencilan F90 yang berwarna hijau muda pada agar SDA selepas 5 hari pengkulturan.	76
Gambarfoto 3.4	Morfologi pencilan F90 di bawah mikroskop cahaya (Pembesaran 200X) dengan perwarnaannya 'laktofenol kapas-biru' selepas 3 hari pengkulturan.	75
Gambarfoto 3.5	Morfologi pencilan F90 berusia 3 hari di bawah mikroskop elektron.	77
Gambarfoto 3.6	Morfologi pencilan F90 di bawah mikroskop elektron selepas 3 hari pengkulturan.	77
Gambarfoto 3.7	Pertumbuhan pencilan F121 yang kelihatan berbulu putih pada agar SDA selepas 3 hari pengkulturan.	78
Gambarfoto 3.8	Pertumbuhan pencilan F121 berwarna hijau putih apabila menjalani pensporaannya selepas 5 hari pengkulturan.	78

Gambarfoto 3.9	Pencilan F121 di bawah mikroskop cahaya dengan pewarnaan 'laktofenol kapas -biru' menunjukkan struktur konidiofor yang bercabang selepas 3 hari pengkulturan. (Pembesaran 400X).	79
Gambarfoto 3.10	Pemandangan konidiofor pencilan F121 di bawah mikroskop elektron selepas 4 hari pengkulturan.	79
Gambarfoto 3.11	Pencilan F121 di bawah mikroskop elektron selepas 4 hari pengkulturan.	80
Gambarfoto 4.1	Rupa bentuk pemfermentasian PKC tanpa prapengolahan dalam sistem dulang yang berukuran 24cm x 36cm x 6 cm dengan kuantiti substrat 250g (ketebalan 1.5cm) pada hari ke-10. Semasa proses pemfermentasian berjalan, dulang ditutup dengan foil aluminium.	135
Gambarfoto 4.2	Rupa bentuk makanan yang terfoumulasi.	142
Gambarfoto 4.3	Kajian kesan pemakanan diet M0, M25 dan M50 ke atas morfologi tembolok.	161
Gambarfoto 4.4	Kajian kesan pemakanan diet M0, M25 dan M50 ke atas morfologi organ hati ayam.	162
Gambarfoto 4.5	Kajian ke atas histologi tisu paru-paru kesan pemakanan diet M0, M25 dan M50.	164
Gambarfoto 4.6	Kajian ke atas histologi tisu hati kesan pemakanan diet M0, M25 dan M50.	165

ABSTRAK

Kajian ini bertujuan untuk memilih mikroorganisma yang berupaya memperbaiki nilai pemakanan hampas isirong kelapa sawit (PKC) melalui pengkulturan sistem pemfermentasian keadaan pepejal (FKP) sebagai bahan makanan ternakan alternatif. Daripada sejumlah 100 pencilan yang disaring, pencilan F121 yang dicamkan sebagai *Trichoderma koningii* telah dipilih sebagai kulat yang berpotensi dalam memperbaiki nilai pemakanan PKC melalui sistem FKP. Kajian pengoptimuman parameter fiziks ke atas sistem pemfermentasian menunjukkan kandungan protein kasar sebanyak 24.10% dan pertumbuhan 0.883 mg glukosamina/g substrat adalah maksimum selepas 7 hari pengkulturan dengan menggunakan keadaan pengkulturan yang terdiri daripada tahap kelembapan 100% (i/b substrat kering), saiz inokulum 1×10^7 spora/g substrat, suhu 30°C dan saiz zarah substrat ≤ 1.0 mm. Nisbah berat substrat dengan isipadu bejana didapati mempengaruhi pertumbuhan kulat dan kandungan protein kasar PKC. Pengadukan berupaya memperbaiki pertumbuhan dan kandungan protein kasar PKC apabila menggunakan kuantiti substrat sebanyak 35 g. Pengoptimuman medium yang mengandungi 5 g PKC, 8.8% (b/b) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, 1.4% (b/b) $(\text{NH}_4)\text{SO}_4$, 0.7% (b/b) KH_2PO_4 , 0.15% (b/b) $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, dan 2% (b/b) glukosa menghasilkan kandungan protein kasar yang maksimum 34.47% dengan pertumbuhan 2.129 mg glukosamina/g substrat selepas 7 hari pengkulturan. Prapengolahan ke atas PKC secara fiziks dan asid tidak meningkatkan pertumbuhan kulat dan kandungan protein kasar pada PKC. Pada keadaan optimum, prapengolahan dengan larutan alkali NaOH (0.5M) pada suhu 30°C selama 24 jam atau enzim Vegpro (0.1% b/b) pada suhu 30°C selama 3 jam dan disertai dengan

pemfermentasian, memberikan kandungan protein kasar di antara 31-32% dan pertumbuhan 2.015–2.103 mg glukosamina/g substrat. Pemfermentasian di dalam sistem dulang selama 15 hari di bawah keadaan optimum dengan gabungan langkah prapengolahan dan pengadukan setiap 48 jam telah memberikan kandungan protein kasar di antara 30-32% dengan pertumbuhan sebanyak 1.725-1.902 mg glukosamina/g substrat . Ujian keupayaan PKC terfermentasi (FPKC) sebagai bahan makanan ternakan alternatif untuk ayam menunjukkan kadar pertumbuhan dan kadar pertukaran makanan adalah hampir setanding dengan makanan ternakan komersil apabila FPKC dengan prapengolahan enzim dicampurkan pada tahap 25% (b/b) dalam makanan. Kajian histopatologi keatas organ-organ dalaman ayam yang diberikan makanan mengandungi FPKC tidak menunjukkan perbezaan yang nyata berbanding dengan ayam diberikan makanan ternakan komersial.

EVALUATION ON THE UTILIZATION OF FERMENTED PALM KERNEL CAKE (FPKC) AS AN ALTERNATIVE FEED

ABSTRACT

The objective of this study is to select microorganisms capable of improving the nutritional quality of palm kernel cake (PKC) by solid state fermentation culture system (SSF) as alternative source of feeds. From a total of 100 isolates screened, isolate F121 which was identified to be *Trichoderma koningii* was selected to be a potential fungus for the improvement of nutritional quality in PKC through SSF. Optimization studies on physical parameters of the SSF system shows maximum crude protein of 24.10% and fungal growth of 0.883 mg glucosamine/g substrate after 7 days using cultural conditions consisting of moisture level 100% (v/w), inoculum size 1×10^7 spore/g substrate, temperature 30°C and particle size ≤ 1.0 mm. The ratio of substrate weight to vessel size influenced the fungal growth and crude protein content of PKC. Agitation only showed improvement on fungal growth and crude protein content when 35 g of PKC was used. Optimization of medium containing 5 g PKC, 8.8% (w/w) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, 1.4% (w/w) $(\text{NH}_4)\text{SO}_4$, 0.7% (w/w) KH_2PO_4 , 0.15% (w/w) $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, and 2% (w/w) glucose yielded the maximum protein content of 34.47% with the glucosamine content of 2.129 mg/g substrate after 7 days. Physical and acid pretreatment on PKC did not improve the fungal growth and crude protein content of PKC. Under optimum conditions, pretreatment with NaOH (0.5M) at 30°C for 24 hours or with enzyme Vegpro (0.1%) at 30°C for 3 hours followed by fermentation, resulted the crude protein content of 31-32% and fungal growth of 2.015-2.103 mg glucosamine/g substrate. Fermentation in a tray system for 15

days under the optimized conditions with substrate pretreatment and agitation at every 48 hours resulted the crude protein content of 30-32% and fungal growth of 1.725-1.902 mg glucosamine/g substrate. The potential of FPKC as alternative source of feeds in the broiler chicken diet showed the growth rate and feed conversion ratio comparable to commercial feeds in diet contain FPKC after the enzymatic pretreatment at the level of 25% (w/w) supplementation. Histopathological studies of the internal organs show no significant differences between chicken fed with commercial feed and diet supplemented with FPKC.

BAB 1 : PENGENALAN

1.1 Prospek industri makanan haiwan di Malaysia

Selain daripada penghasilan baka yang baik dan pengawalan ke atas kesihatan haiwan, asas kejayaan industri penternakan haiwan di Malaysia bergantung kepada pembekalan makanan yang berkualiti serta permintaan ekonomi yang lebih rendah dari segi kos. Untuk menjamin pertumbuhan haiwan ternakan yang baik, makanan yang mengandungi nisbah yang seimbang dari segi kandungan karbohidrat, protein, lemak, vitamin dan mineral perlu dibekalkan. Dalam industri penternakan haiwan, pemakanan dan nisbah pemformulaan makanan yang dibekalkan kepada haiwan telah dikembangkan berdasarkan kepada jenis haiwan ternakan dan prestasi haiwan apabila menggunakan makanan yang khusus dibekalkan.

Kebanyakan makanan haiwan ternakan yang khusus disediakan oleh pengusaha tempatan, menggunakan ramuan yang diimport dari luar negara dalam pemformulaan makanan haiwan ternakan. Malaysia telah mengimport lebih kurang 60% bijirin dan bahan mentah dari berbagai negara yang digunakan sebagai bahan tambahan dalam pemformulaan makanan haiwan. Secara keseluruhannya, jagung merupakan ramuan yang paling banyak diimport iaitu kira-kira 55% diikuti dengan kacang soya dan serbuk ikan (Mustaffa-Babjee, 1987). Industri-industri ini bergantung kuat kepada bahan mentah yang diimport, dengan demikian harga makanan haiwan akan dipengaruhi oleh harga dan pembekalan dari harga pasaran dunia. Jadual 1.1 menunjukkan jangkaan permintaan makanan haiwan untuk industri penternakan ayam itik dan khinzir yang dikeluarkan oleh Jabatan Perkhidmatan dan Veterinari. Daripada data yang dipaparkan, permintaan telah meningkat dari setahun ke setahun dan telah mencecah 4.3 juta tan pada tahun 2000.

Jadual 1.1 Permintaan makanan haiwan di Semenanjung Malaysia dari 1990-2000 (100 tan)

Permintaan yang dianggarkan mengikut tahunan (100 tan)											
Jenis Makanan	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Makanan Ayan Itik	2030	2170	2300	2420	2530	2630	2720	2800	2860	2920	2980
Makanan Khinzir	1020	1060	1100	1140	1180	1210	1240	1270	1300	1330	1360
Jumlah	3050	3230	3400	3560	3710	3840	3960	4070	4160	4250	4340
Kadar Peningkatan Setiap Tahun (%)		5.9	5.3	4.7	4.2	3.5	3.1	2.8	2.2	2.1	2.1

Sumber: Mustaffa-Babjee (1987)

Menurut Mustaffa-Babjee (1987), penyelidikan telah dijalankan oleh MARDI untuk menghasilkan jagung serta bijirin lain secara ekonomi bagi tujuan menggantikan jagung yang diimport, disamping itu ujian juga dijalankan oleh Jabatan Perkhidmatan Veterinari dengan menggunakan silaj sekoi sebagai makanan ternakan untuk lembu tenusu. Walau bagaimanapun hasil yang didapati masih belum dapat menandingi bahan mentah yang diimport baik dari segi kos dan nilai pemakanannya.

1.2 Penggunaan sisa buangan dan hasil sampingan sebagai makanan haiwan

Penukaran sisa buangan dan hasil sampingan industri pemprosesan pertanian kepada makanan manusia dan haiwan mempunyai berbagai masalah memandangkan sumber sisa buangan ini tidak mempunyai nilai pemakanan yang baik. Masalah ini adalah lebih ketara untuk kegunaan sebagai makanan manusia berbanding dengan sebagai makanan haiwan ternakan. Menurut Ledward *et al.*, (1993), penggunaan sisa buangan perlu mengambil kira beberapa faktor terutamanya harga ramuan yang digunakan dalam pemformulaan makanan tersebut. Selain daripada itu, harga bahan lain yang boleh menggantikan ramuan-ramuan yang sedia digunakan, tahap maksimum dan tahap minimum bagi sesuatu ramuan yang telah ditetapkan serta pertimbangan yang lain seperti ciri-ciri pemprosesan dan pengawalannya, juga perlu diambil kira.

Di negara-negara yang kekurangan sumber atau bahan mentah yang boleh digunakan sebagai makanan haiwan ternakan, pemulihan sisa buangan sebagai makanan ternakan telah dikembangkan. Faktor utama yang mempengaruhi penggunaan sisa buangan dan hasil sampingannya oleh haiwan bergantung kepada sama ada haiwan itu adalah jenis ruminan atau bukan ruminan. Kehadiran rumen pada haiwan ruminan membenarkan

penggunaan berbagai jenis sisa buangan walaupun, nilai pemakanannya bermutu rendah dan kandungan seratnya yang tinggi. Oleh yang demikian bahan yang kurang sesuai yang digunakan oleh haiwan bukan ruminan mungkin dapat digunakan secara berkesan oleh haiwan ruminan. Selain itu, sisa buangan kimia dari industri pemprosesan yang mempunyai potensi sebagai makanan haiwan, perlu diperbaiki dengan teknologi baru sebelum digunakan memandangkan kebanyakan sisa-sisa ini merupakan bahan pencemar. Oleh yang demikian, adalah penting untuk membezakan antara jenis-jenis sisa buangan dengan hasil sampingan yang dapat digunakan secara terus sebagai makanan haiwan dengan jenis yang memerlukan langkah pengolahan terlebih dahulu untuk meningkatkan nilai pemakanannya sebelum dapat dibekalkan sebagai makanan haiwan.

1.2.1 Penggunaan sisa buangan agro-industri sebagai makanan haiwan ternakan

Di Eropah, jerami bijirin merupakan sisa buangan lignoselulosa yang utama dan mencatatkan penambahan tahunan sebanyak 24×10^6 tan (Zadrazil *et. al.*, 1988). Kebanyakan daripada jerami ini dibakarkan di ladang dan selalunya menimbulkan masalah ekologi dan pencemaran persekitaran. Menurut Michael *et. al.*, (1981) penghasilan jerami bijirin di Asia adalah melebihi 600 juta tan setahun, manakala di Afrika dan Amerika Selatan pula lebih daripada 200 juta tan jerami dihasilkan setahun. Residu-residu dari ubi kayu, pisang, sitrus dan kopi di Asia, Afrika dan Amerika Selatan dijangka mencapai 124 juta tan setahun dan 83 juta tan daripadanya adalah residu tebu. Hasil sampingan ini dipercayai mengandungi nilai pemakanan yang tinggi dan berpotensi untuk digunakan sebagai makanan haiwan ternakan. Penyelidikan telah dijalankan dengan menggunakan sisa-sisa buangan dan hasil sampingan dari agro-industri sebagai makanan haiwan ternakan semenjak hampir dua dekad yang lalu (Jelan *et. al.*, 1984; Tinnimit, 1984; Winugroho *et.*

al., 1984). Beberapa jenis sisa buangan lain seperti pulpa nenas, hampas tebu, pulpa kopi, sisa mustard dan pulpa buah-buahan sitrus telah dibekalkan secara terus sebagai makanan haiwan ternakan. Menurut Wilson *et. al.*, (1981) haiwan ruminan dan khinzir yang dibekalkan dengan jenis-jenis sisa ini pada tahap 5-20% tidak membantutkan pertumbuhan haiwan tersebut.

Menurut Mustaffa-Babjee (1987), terdapat lebih daripada 5 juta tan sisa buangan dari agro-industri akan dihasilkan di Semenanjung Malaysia dan jumlah ini telah meningkat beberapa kali ganda pada masa sekarang. Kajian tentang penggunaan sesetengah daripada sisa buangan ini seperti sekam padi, jerami padi dan hampas kulit koko sebagai makanan haiwan ternakan telah pun dijalankan (Bacon *et. al.*, 1984; Ho *et. al.*, 1987; Abdul Rahman *et. al.*, 1987; Ramlah *et. al.*, 1987). Walau bagaimanapun, sebahagian besarnya masih belum dapat diperkembangkan sebagai makanan haiwan ternakan yang berguna dan berdaya saing. Oleh yang demikian, rancangan perkembangan terhadap penggunaan sisa-sisa buangan ini sebagai makanan haiwan ternakan dalam jangka masa yang panjang perlu diteruskan dan dititikberatkan, oleh kerana kepentingannya dalam memberi sumbangan kepada industri penternakan dalam negara.

1.3 Status industri kelapa sawit serta sisa buangan dari industri minyak sawit

Malaysia merupakan negara pengeluar dan pengeksport utama minyak kelapa sawit sejak tahun 1971 (Mohamad *et. al.*, 1985). Kira-kira 52% daripada pengeluaran dan 65% daripada eksport minyak sawit dunia bagi tahun 1996 berasal dari Malaysia. Menurut Faud *et al.*, (1999), kawasan penanaman pokok kelapa sawit telah mencapai keluasan 2.819 juta

hektar pada tahun 1997 iaitu meliputi 8.6% daripada jumlah luas kawasan tanah di Malaysia. Jumlah ini dijangka akan mencapai sebanyak 3.151 juta hektar pada tahun 2000 (Chan, 1999). Jadual 1.2 dan 1.3, masing-masing menunjukkan jumlah kawasan penanaman kelapa sawit dari tahun 1970 hingga 2000 di Semenanjung Malaysia (Malaysia Barat) dan Malaysia Timur serta eksport hasil keluarannya dari tahun 1980 hingga 1997. Maklumat-maklumat yang ditunjukkan di dalam jadual-jadual ini, jelas menunjukkan magnitud industri kelapa sawit dan kuantiti bahan-bahan sampingan yang dijana. Ini juga membayangkan kuantiti sisa buangan yang perlu diolah bagi menjamin perkembangan industri kelapa sawit tidak menjejaskan kualiti alam sekitar negara.

Industri minyak sawit di Malaysia turut menghasilkan bahan-bahan sisa yang berlebihan daripada dua sumber utama iaitu dari ladang dan kilang pemprosesan buah sawit. Bahan-bahan sisa dari ladang adalah seperti batang dan pelapah kelapa sawit, manakala sisa-sisa dari kilang pemprosesan termasuk tandan kosong, serat iaitu hampas kelapa sawit pemerahan mesokap, tempurung, hampas isirong kelapa sawit (PKC) dan efluen kilang kelapa sawit (POME). Sisa-sisa buangan ini dianggap sebagai bahan sampingan yang berguna kerana ia mengandungi zat pemakanan tertentu dan bahan-bahan lain yang bernilai (Hutagalung *et. al.*, 1984; Abdul Gapor *et. al.*, 1985; Yeong, 1985; Yeong *et. al.*, 1987; Wong *et. al.*, 1987). Sejak beberapa tahun yang lalu, industri minyak sawit telah dipertanggungjawabkan terhadap penggunaan semula sisa-sisa buangan ini. Pada tahun 1980an, penggunaan semula berbagai jenis sisa ini dengan bijak sebagai bahan makanan haiwan di ladang telah mengurangkan kesan pencemaran ke atas persekitaran. Pada tahun 1990an, terdapat banyak langkah yang telah diambil untuk memperbaiki mutu

Jadual 1.2 Jumlah kawasan penanaman kelapa sawit di Malaysia (juta hektar).

Tahun	Semenanjung Malaysia	Malaysia Timur	Jumlah
1970	0.261	0.030	0.291
1980	0.907	0.117	1.024
1990	1.698	0.331	2.029
1995	1.904	0.636	2.540
1997	1.956	0.863	2.819
2000 ^(P)	2.029	1.122	3.151

^(P) jangkaan

Sumber: Chan (1999)

Jadual 1.3 Eksport hasil keluaran minyak sawit dari Malaysia

Tahun Bahan keluaran	Kuantiti Pengeluaran dan Kos									
	1980		1990		1995		1996		1997	
	Isipadu*	Nilai**	Isipadu *	Nilai**	Isipadu *	Nilai**	Isipadu*	Nilai**	Isipadu *	Nilai**
Minyak sawit mentah	197.7	236.3	102.1	73.5	17.3	26.6	69.0	85.5	31.3	41.9
Minyak sawit	1443.2	1790.0	3498.1	3856.5	5387.5	8675.7	6009.7	8020.6	6315.7	9379.2
Stearin sawit	495.4	489.0	625.2	644.3	786.5	1047.6	809.6	852.7	868.4	974.2
Minyak sawit asid	121.9	87.8	16.3	12.1	37.8	30.1	46.2	32.1	40.2	25.9
Asid lemak sawit	12.1	6.7	180.9	146.2	283.9	293.7	277.4	241.1	265.7	201.7
Jumlah pemprosesan minyak sawit	2072.6	2373.5	4320.5	4659.1	6495.7	10047.1	7142.9	9146.5	7490.0 7491.0	10581.0
Minyak isirong sawit	218.9	303.2	631.0	523.3	391.3	710.7	465.4	862.5	396.8	759.6
Hampas isirong sawit	260.4	68.7	1051.7	250.3	910.0	189.4	994.2	255.1	1087.7	207.2
Jumlah eksport	2749.6	2981.7	6105.3	5506.5	7814.3	10349.6	8671.5	10349.6	9005.8	11589.7

* - '000 tan ** - RM juta Sumber : Fuad *et. al.* (1999)

sisa buangan ini melalui proses penyelidikan dan pembangunan untuk menjadikannya sebagai produk yang bernilai tambah. Jadual 1.4 dan 1.5, masing-masing menunjukkan penghasilan biojisim dan sisa buangan industri kelapa sawit di Semenanjung dan Malaysia Timur dari tahun 1997 hingga 2000. Berdasarkan kuantiti biojisim dan sisa buangan yang tinggi, langkah yang berkesan perlu diambil bukan sahaja untuk tujuan pelupusan tetapi juga untuk memastikan ia dapat menyumbang kepada peningkatan sektor ekonomi yang lain.

1.3.1 Hampas isirong kelapa sawit (PKC)

Hampas isirong kelapa sawit (PKC) merupakan sisa buangan dari proses pengekstrakan minyak isirong kelapa sawit. Ia diperolehi melalui proses fizikal iaitu selepas proses pemerahan secara mekanikal ataupun melalui proses kimia dan pengekstrakan pelarut. Rajah 1.1 menunjukkan ringkasan proses penghasilan PKC dalam industri minyak sawit. Pemprosesan awal melibatkan pembersihan bahan asing seperti batu dan kepingan besi yang diasingkan, yang diikuti dengan pemecahan isirong menjadi kepingan kecil dan proses pengwapan untuk meningkatkan kandungan kelembapan pada isirong yang dihancurkan dan untuk memusnahkan dinding selnya. Selepas itu, isirong dihantar untuk proses pengekstrakan minyak isirong secara pengekstrakan pelarut atau secara mekanikal dan sisa yang terhasil adalah PKC. PKC yang dihasilkan melalui proses kimia adalah bersifat seperti pasir berbanding dengan proses mekanikal yang menghasilkan PKC dalam bentuk pelet. Gambarfoto 1.1 dan 1.2, masing-masing menunjukkan isirong kelapa sawit sebelum pemprosesan serta PKC yang terhasil daripada pengekstrakan pelarut.

Jadual 1.4 Penghasilan biojisim dari industri kelapa sawit di Semenanjung Malaysia dan Malaysia Timur (juta tan)

Tahun	Kedudukan	Batang kelapa sawit	Pelapah kelapa sawit
1997	Semenanjung Malaysia	4.004	0.768
	Malaysia Timur	1.549	0.297
Jumlah		5.553	1.065
2000 ^(P)	Semenanjung Malaysia	4.241	0.814
	Malaysia Timur	2.122	0.407
Jumlah		6.363	1.221

^(P) jangkaan

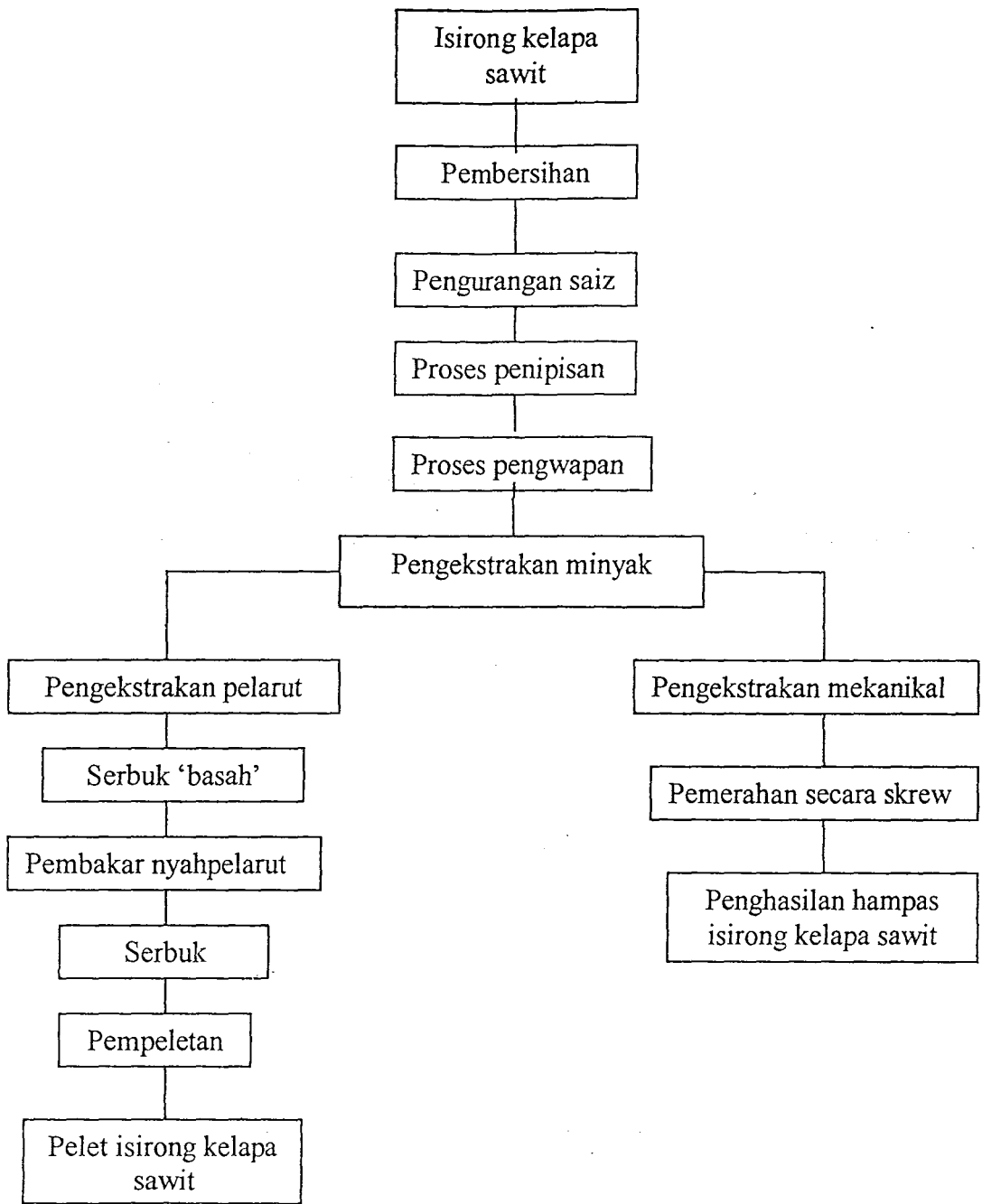
Sumber: Chan (1999)

Jadual 1.5 Penghasilan sisa buangan dari industri kelapa sawit di Semenanjung Malaysia dan Malaysia Timur (juta tan)

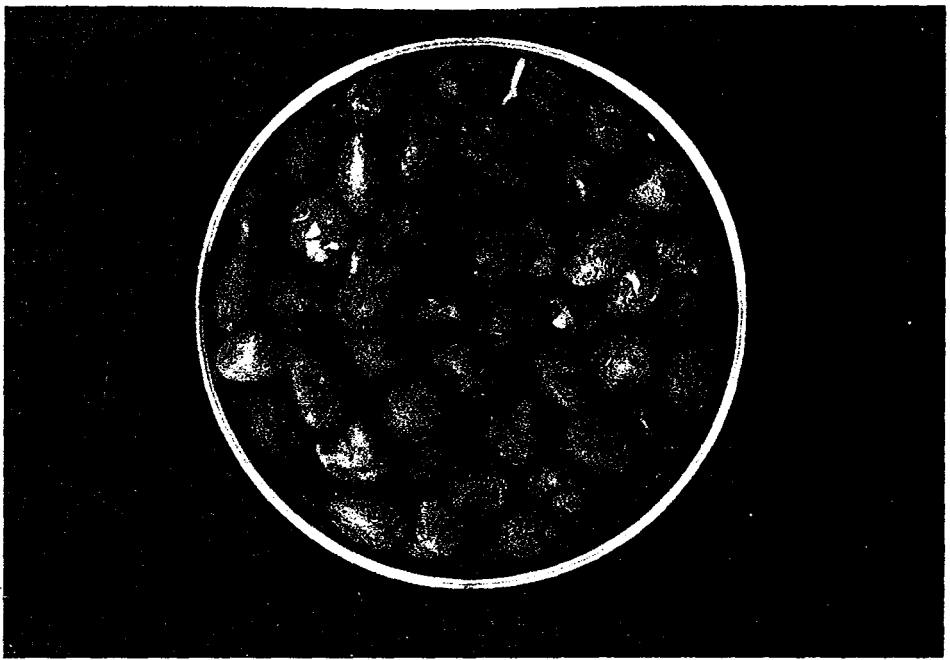
Tahun	Kedudukan	Penghasilan dalam juta tan / tahun			
		EFB	Serat	Tempurung	POME
1997	Semenanjung Malaysia	7.823	4.797	1.947	23.806
	Malaysia Timur	3.028	1.856	0.754	9.213
Jumlah		10.851	6.653	2.701	33.019
2000 ^(P)	Semenanjung Malaysia	8.288	5.081	2.062	25.219
	Malaysia Timur	4.146	2.542	1.032	12.616
Jumlah		12.434	7.623	3.094	37.835

^(P) jangkaan

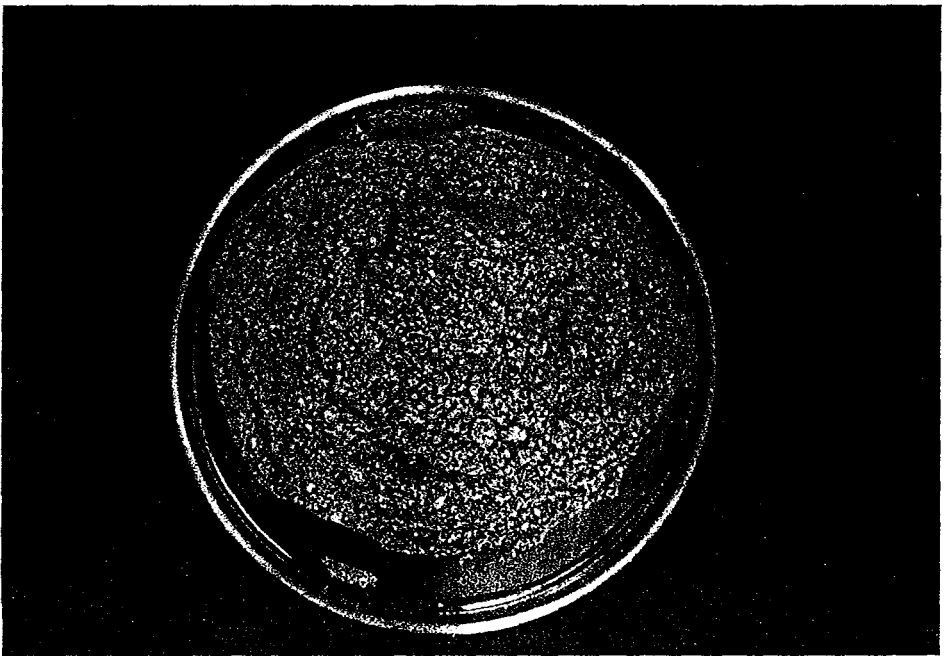
Sumber: Chan (1999)



Rajah 1.1 Proses penghasilan hampas isirong sawit (PKC) (PROLA, 1997)



Gambarfoto1.1: Isirong kelapa sawit sebelum melalui proses pengekstrakan.



Gambarfoto 1.2: Hampas isirong kelapa sawit (PKC) yang dihasilkan selepas pengekstrakan menggunakan pelarut.

Jadual 1.6 menunjukkan penghasilan isirong kelapa sawit dan eksport PKC dari Malaysia pada tahun-tahun 1980an dan 1990an. Nilai ini dipercayai akan meningkat dengan mendadak menjelang dan selepas tahun 2000 akibat daripada permintaan dunia yang tinggi terhadap minyak sawit serta kemajuan dalam sektor industri minyak sawit negara. Jadual 1.7 dan 1.8, masing-masing menunjukkan peratusan komposisi kimia PKC serta profil asid amino PKC berbanding dengan hampas biji minyak yang lain. PKC mengandungi sebanyak 16% protein kasar yang perlu dipertingkatkan untuk membolehkan ianya digunakan sebagai makanan ternakan yang baik. Protein ini mengandungi komposisi asid amino yang setanding dengan serbuk kelapa. Namun, kandungan asid amino di dalam PKC secara relatifnya adalah lebih rendah berbanding dengan hampas biji minyak yang lain.

1.3.2 Penggunaan hampas kelapa sawit (PKC) sebagai makanan haiwan

Menurut laporan dari PROLA, Malaysia mula mengeksport PKC pada tahun 1976. Jumlah eksport pada tahun tersebut adalah 100,000 tan metrik, tetapi telah meningkat lebih 10 kali ganda kepada 108,7700 tan matrik dalam tahun 1997. Negara Kesatuan Eropah merupakan pengimport terbesar PKC Malaysia dengan jumlah import sebanyak 896,119 tan matrik atau 90% daripada jumlah eksport. Kebanyakan PKC yang dieksport telah digunakan sebagai sumber protein dan tenaga untuk haiwan ternakan. Walaupun protein yang terdapat di dalam PKC bermutu tinggi namun, kandungan serat yang tinggi dan teksturnya yang berpasir menjadikannya kurang sesuai sebagai makanan haiwan monogaster, manakala ia lebih sesuai untuk haiwan ruminan.

Jadual 1.6 Penghasilan isirong kelapa sawit dan eksport PKC dari Malaysia

Tahun	Penghasilan isirong kelapa sawit	Jumlah eksport PKC ('000 tan & juta RM)	
		Isipadu	Nilai
1980	0.558	260.4	68.7
1990	1.844	1051.7	250.3
1995	2.396	910.0	189.4
1997	2.639	1087.7	207.2
2000 ^(P)	2.930	-	-

^(P) jangkaan

Sumber: Fuad *et. al.*, (1999); Chan (1999)

Jadual 1.7 Peratusan komposisi kimia hampas isirong kelapa sawit (PKC) berdasarkan jisim kering

Jujuk Utama	Komposisi (%)
Jirim Kering	90.3
Protein Kasar (N x 6.25)	16.1
Ekstrak eter	0.8
Serat Kasar	15.7
Abu	4.0
Ekstrak N-Bebas	63.5
Kalsium	0.29
Fosforus	0.79
Magnesium	0.27
Besi, mg/kg	4.05
Kuprum, mg/kg	28.5
Zink, mg/kg	77.0
Manganase, mg/kg	225.0
Tenaga Metabolisme, mJ/kg	6.2
Kcal/kg	1480.0
Tenaga Metabolisme Benar mJ/kg	7.4
Kcal/kg	1760.0

Sumber: Yeong (1983)

Jadual 1.8 Komposisi asid amino pada makanan (g/kg) (berdasarkan berat segar)

Hasil Berminyak	Sampingan	Biji	Argi- nina	Sis- tina	Gli- sin	Histi- dina	Leu- sina	Isoleu- sina	Lisina	Metio- nina	Fenil- alanina	Treo- nina	Trip- tofan	Treo- sina	Vali
Serbuk Kelapa			22.3	3.7	9.1	3.3	12.3	7.8	6.0	3.1	8.3	7.4	1.8	4.8	10.7
Serbuk 'Cottonseed'			41.8	8.3	23.0	10.2	23.5	15.2	16.0	5.6	20.0	13.2	6.0	12.1	18.9
Serbuk Kacang Tanah			46.0	6.6	25.2	10.9	28.9	14.7	14.4	5.0	23.3	12.2	3.9	17.1	19.7
Serbuk 'Linseed'			31.7	3.1	2.3	6.1	20.4	15.6	12.3	5.7	15.4	12.9	6.0	7.5	19.0
Hampas Kelapa Sawit			23.6	2.8	8.1	3.2	11.9	6.4	5.4	3.3	7.9	6.1	2.0	4.7	8.2
Serbuk Kacang Soya			37.6	6.9	19.4	11.6	36.1	20.2	29.9	6.4	24.7	18.9	5.1	18.5	21.0
Serbuk Matahari	Biji	Bunga	26.5	2.6	18.0	7.3	19.5	11.8	10.4	4.1	14.7	11.6	4.1	8.6	14.5

Sumber: Siew (1989)

1.3.2.1 PKC sebagai makanan haiwan ruminan

Jadual 1.9 menunjukkan nilai pemakanan PKC sebagai makanan haiwan ruminan berbanding dengan hasil sampingan yang lain. Perbandingan ini mendapati PKC mengandungi zat pemakanan dan tenaga yang tinggi, maka ia adalah sesuai dan merupakan sumber yang bernilai sebagai makanan untuk haiwan ternakan ruminan seperti lembu, lembu tenusu, kambing, kambing biri-biri dan kerbau. Oleh yang demikian, ia boleh dibekalkan dengan ramuan lain sebagai makanan untuk mengoptimumkan kos serta bekalan zat pemakanan kepada haiwan.

Di Malaysia, kajian kesan pemakanan PKC sebagai bahan penggantian di dalam diet lembu ternakan telah dijalankan (Hutagalung *et. al.*, 1984; Miyashige *et. al.*, 1987 ; Shamsudin *et. al.*, 1987; Suparjo Noordin *et. al.*, 1987). Keputusan daripada kajian-kajian ini menunjukkan bahawa PKC adalah berpotensi sebagai makanan untuk memperolehi pertambahan berat badan lembu ternakan dengan memuaskan. Daripada laporan oleh Siew (1989) pula, menyatakan lembu tenusu yang diberi makanan PKC cenderung meningkatkan kandungan lemak dalam susu serta dapat menghasilkan mentega yang kukuh. Mustaffa-Babjee *et. al.*, (1984) juga melaporkan bahawa PKC memberi keputusan yang memuaskan dalam meningkatkan berat badan lembu pada skala komersial. Penggunaan PKC pada haiwan ruminan kecil seperti kambing dan biri-biri adalah lebih praktikal, tetapi oleh kerana kandungan kuprum yang tinggi didalamnya, maka paras penggantian PKC dalam jumlah diet perlu diubahsuai (Devendra, 1984). Walaupun kandungan kuprum merupakan faktor yang menghadkan penggunaan PKC dalam makanan

Jadual 1.9 Nilai pemakanan untuk haiwan ruminan

Hasil Sampingan Bijian Lemak	Parameter Dalam Penentuan Nilai Pemakanan						
	DM	CP*	CF*	KK*	Abu*	DCP*	ME*
	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	mJ/kg
Serbuk Kelapa	900	220	153	76	72	174	12.7
Serbuk Biji Kapas	900	231	248	54	66	178	8.5
Serbuk Kacang Tanah	900	343	273	21	47	316	9.2
Serbuk Biji Lin	900	404	102	36	73	348	11.9
PKC	900	227	167	10	44	204	12.2
Serbuk Kacang Soya	900	503	58	17	62	453	12.3
Serbuk Biji Bunga Matahari	900	206	323	80	80	185	5.5

Nota: DM : Jisim kering

EE : Ekstrak Eter

CF : Protein Kasar

ME : Tenaga Metabolisme

DCP : Protein Kasar yang dapat dicerna

CP : Protein Kasar

* - Nilai diberikan berdasarkan jisim kering

Sumber: Siew, (1989)

ternakan, akan tetapi tahap torenlasi oleh kambing biri-biri terhadap kuprum bergantung kepada kandungan sulfur dan molibdenum di dalam diet (Abu Hassan *et. al.*, 1999). Ginting *et. al.*, (1987) telah mengaji kesan penggunaan PKC dalam penternakan anak kambing biri-biri. Keputusan yang diperolehi menunjukkan PKC berpotensi mengantikan pengambilan rumput pada biri-biri di dalam diet dan menunjukkan terdapat peningkatan berat badan yang memuaskan dengan membekalkan PKC dalam diet pada aras 1.35% daripada berat badan. Di samping itu, kajian ini juga menunjukkan penghadaman jirim kering dan protein kasar meningkat akibat daripada pembekalan PKC. Makanan haiwan ternakan yang dihasilkan secara tempatan yang mengandungi PKC, jerami gandum, jerami padi, molases dan campuran sumber vitamin dan mineral memberikan nilai pemakanan yang setanding dengan makanan haiwan komersial yang diimport. Tambahan pula, ia diterima oleh haiwan dan telah berjaya mengurangkan kos sebanyak 50%.

1.3.2.2 PKC sebagai makanan haiwan bukan ruminan

Selain daripada kajian terhadap haiwan ruminan, PKC juga boleh digunakan dalam diet khinzir dan ayam itik (Onwudike, 1988; Panigrahi *et. al.*, 1991; Agunbiade *et. al.*, 1999). Jadual 1.10 dan 1.11, masing-masing menunjukkan nilai pemakanan PKC sebagai makanan khinzir dan ayam itik berbanding dengan hasil sampingan bijian minyak yang lain. Berdasarkan perbandingan ini, walaupun nilai pemakanan PKC adalah lebih rendah secara relatif apabila berbanding dengan hasil sampingan serbuk minyak bijian yang lain, namun tenaga metabolisme PKC yang hampir setanding dengan serbuk minyak bijian yang lain menjadikannya berpotensi sebagai makanan haiwan bukan ruminan.

Jadual 1.10 Nilai pemakanan untuk makanan khinzir

Hasil
Sampingan
Biji Minyak

Parameter Dalam Penentuan Nilai Pemakanan

	DM*	CP*	CF*	EE*	Abu*	DCP*	ME*	DCP**	ME**
	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	mJ/kg	g/kg	mJ/kg
Serbuk kelapa	870	232	119	75	53	169	13.4	194	15.4
Serbuk Biji Kapas	930	408	112	68	67	335	12.9	360	13.9
Serbuk Kacang Tanah	880	538	52	6	59	500	13.5	568	15.3
PKC	900	190	160	21	40	114	10.3	127	11.4
Serbuk Kacang Soya	890	447	51	15	55	348	13.3	431	14.9

Nota: DM : Jisim kering

CF : Serat Kasar

DCP : Protein Kasar yang dapat dicerna

CP : Protein Kasar

EE : Ekstrak eter

ME : Tenaga metabolisme

* - Nilai ditentukan berdasarkan berat basah

** - Nilai ditentukan berdasarkan jisim kering

Sumber: Siew, (1989)

Jadual 1.11 Nilai pemakanan untuk makanan ayam

Hasil Sampingan Biji Minyak		Parameter Dalam Penentuan Nilai Pemakanan							
		DM*	CP*	EE*	Abu*	DCP*	ME*	DCP**	ME**
		g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	mJ/kg	g/kg	mJ/kg
Serbuk kelapa		887	195	67	64	109	6.9	123	7.78
Serbuk Biji Kapas		901	378	61	67	280	10.9	311	12.1
Serbuk kacang Tanah		912	454	51	64	408	13.2	447	14.5
Serbuk 'linseed'		888	341	63	53	300	8.66	338	9.75
PKC		900	190	20	40	171	6.74	190	7.49
Serbuk kacang soya		873	499	15	47	428	10.7	490	12.3
Serbuk biji bunga matahari		916	321	27	64	248	8.83	270	9.6

Nota: DM : Jisim kering

CF : Serat Kasar

DCP : Protein Kasar yang dapat dicerna

CP : Protein Kasar

EE : Ekstrak Eter

ME : Tenaga metabolisme

* - Nilai diberikan berdasarkan berat basah

** - Nilai diberikan berdasarkan jisim kering

Sumber : Siew, (1989)

Di Ghana, kajian pembekalan PKC sebagai makanan kepada haiwan bukan ruminan seperti khinzir juga telah dijalankan. Walau bagaimanapun hasil peyelidikan yang telah dijalankan oleh Rhule (1996) mendapati khinzir yang dibekalkan dengan makanan yang berasaskan peratusan PKC yang tinggi iaitu 30% dan 40%, masing-masing menunjukkan pengambilan kuantiti makanan yang kurang, kadar pertumbuhan yang rendah dan kadar keberkesanan penukaran makanan yang rendah. Menurut Baird *et. al.*, (1975), pembekalan peratusan PKC yang tinggi di dalam diet makanan juga meningkatkan peratusan serat kasar dalam makanan. Hal ini mungkin menyebabkan pengurangan dalam penghadaman dan seterusnya membawa kepada pengurangan dalam tenaga dan kandungan asid amino seperti lisina yang penting untuk pertumbuhan haiwan. Beliau juga melaporkan bahawa khinzir muda tidak dapat menerima PKC dengan baik. Walau bagaimanapun pemberian PKC secara diet lapisan iaitu dengan menggantikan 20% daripada jumlah diet dengan PKC pada peringkat awal dan 30% daripada jumlah diet dengan PKC pada peringkat akhir penternakan, memberikan nisbah penukaran makanan yang agak memuaskan dan dapat menghasilkan daging yang kukuh dan berkualiti tinggi.

Sehingga kini beberapa penyelidikan menggunakan PKC sebagai ramuan makanan di dalam diet ayam itik telah dijalankan (Yeong, 1983; Yeong *et. al.*, a,b, 1983). MARDI (Yeong, 1980) telah menjalankan penyelidikan untuk menggunakan PKC sebagai bahan penggantian dalam makanan ayam. Dalam kajian tersebut, PKC digantikan pada tahap 0, 10, 15, 20, 25 dan 30% dalam makanan yang dicampurkan dengan jagung, serbuk kacang soya, serbuk ikan dan minyak kelapa sawit pada tahap isokalori dan isonitrogenus. Didapati, tidak terdapat perbezaan yang bererti dari segi pengambilan makanan dan

penambahan berat badan pada ayam yang dibekalkan dengan PKC pada paras 5-30%. Walau bagaimanapun, nisbah makanan yang diambil terhadap penambahan berat badan adalah kurang memuaskan pada paras pengantian PKC yang melebihi 20%. Keputusan ini menunjukkan yang PKC diterima oleh ayam sebagai makanan. Penyelidikan tentang kesan PKC terhadap penghasilan telur juga dijalankan dalam jangka masa 56 minggu dengan membandingkan ayam yang dibekalkan dengan diet yang mengandungi PKC dengan kawalan (Yeong, 1985). Beliau mendapati tidak terdapat perbezaan yang bererti dari segi penghasilan telur, jumlah jisim hasil telur, dan kualiti dalaman telur antara ayam yang diberi 10% dan 20% PKC berbanding dengan kawalan. Walau bagaimanapun, diet yang mengandungi paras PKC yang melebihi 20% menunjukkan kesan penghasilan telur yang rendah. Mohamad (1982) mendapati ayam itik yang dibekalkan dengan PKC sebagai makanan memberikan peratusan lemak pada kulit ayam dan daging yang kurang berbanding dengan ayam yang dibekalkan dengan peratusan PKC yang tinggi. Di Nigeria, Onifade *et. al.*, (1998) juga melakukan kajian tentang keberkesanan PKC sebagai makanan ayam itik berbanding dengan bijirin kering bru (BDG) dan ofal jagung (MO). Hasil penyelidikan beliau mendapati PKC memberi kesan yang baik terhadap penerimaan dan peningkatan berat badan ayam itik berbanding dengan MO, walaupun BDG adalah paling baik di antara ketiga-tiga sisa tersebut. PKC menunjukkan nilai kecekapan penggunaan makanan yang paling tinggi dan ini mencadangkan bahawa ia memberi ketumpatan diet yang paling tinggi diantara ramuan-ramuan yang telah dikaji.

1.4 Memperbaiki mutu dan nilai pemakanan hasil sisa buangan melalui pemrosesan bahan buangan agro-industri

Faktor utama yang menghadkan penggunaan sisa dan hasil buangan dari agro-industri adalah kebanyakannya berasal dari tumbuhan matang yang mengandungi lignin yang tinggi. Polisakarida seperti selulosa dan hemiselulosa merupakan komponen yang paling banyak terkandung di dalam sisa-sisa serta hasil buangan agro-industri. Secara kimia, kandungan glukosa dan unit-unit gula yang lain digabungkan dalam rantai yang panjang. Kebanyakan haiwan tidak menghasilkan enzim yang berupaya untuk menghadamkan selulosa dan hemiselulosa ini terutamanya jenis haiwan monogaster. Haiwan ruminan mempunyai sistem penghadaman yang telah diubahsuai untuk membolehkan pemfermentasian ke atas karbohidrat oleh mikroorganisma. Walau bagaimanapun, haiwan ruminan juga tidak dapat menghadamkan kesemua selulosa dan hemiselulosa yang terdapat pada dinding sel tumbuhan sebab komponen lignoselulosa ini terikat kuat secara kimia dengan lignin dan silika. Dengan demikian, kebanyakan sisa dan hasil buangan agro-industri ini memerlukan proses pengolahan sebelum ianya dapat digunakan sebagai makanan haiwan. Pengolahan ini bertujuan sama ada untuk mengsterilkan, menyahtoksin, atau untuk meningkatkan nilai pemakanannya yang secara langsung juga dapat memperbaiki keupayaan penghadaman olah haiwan yang memakan sisa pertanian ini. Kaedah yang biasa digunakan untuk memperbaiki mutu sisa-sisa buangan agro-industri ini adalah sama ada melalui pengolahan secara fizikal, pengolahan menggunakan bahan kimia, pengolahan secara biologi atau gabungan antara kaedah-kaedah pengolahan ini.

1.4.1 Pengolahan secara fizikal

Pengolahan secara fizikal melibatkan pemotongan, pengisaran, pembasahan dan rendaman di dalam air, pemanasan dan pemasakan di bawah tekanan. Pemotongan dan pengisaran adalah kaedah yang berkesan dan meningkatkan penggunaan berbagai jenis hasil tumbuhan sebagai makanan haiwan. Ini adalah kerana kaedah ini akan meningkatkan luas permukaan yang terdedah untuk tindakan mikroorganisma rumen. Menurut Michael *et. al.*, (1981), pengisaran akan meningkatkan kecekapan penggunaan bahan sisa pertanian yang diolah berdasarkan kepada pertumbuhan dan pengeluaran susu oleh haiwan melalui peningkatan pengambilan makanan. Bagi pengolahan fizikal secara pembasahan dan rendaman residu serabut dalam air, Doyle *et. al.*, (1986) menyatakan bahawa kaedah ini mempunyai kesan ke atas perubahan komposisi kimia yang melibatkan kehilangan bahan terlarut sel dan perubahan yang berlaku dalam struktur dinding sel tumbuhan. Walau bagaimanapun, mereka telah melaporkan bahawa kesan pembasahan telah meningkatkan jumlah makanan yang dimakan oleh haiwan ujian, melalui perbaikan daya pempeletan pada residu berserat akibat daripada pengurangan bahan berserbuk yang terkandung padanya. Pemanasan dan pemasakan di bawah tekanan pula akan menyebabkan pemisahan struktur dinding sel, ikatan di antara dinding sel akan runtuh dan terjadi penguraian pada hemiselulosa. Kaedah pengolahan fizikal ini berkesan untuk meningkatkan keupayaan pencernaan pada bahan yang mengalami pengolahan dan hasil bersih jirim kering yang tersedia untuk dihadam. Walau bagaimanapun, keadaan optimum untuk kaedah pengolahan ini adalah berbeza antara jenis sisa agro-industri yang berlainan. Tambahan pula, pengolahan secara fizikal yang melampau boleh mengakibatkan kehilangan jirim kering yang diperlukan dalam makanan ternakan tersebut.