

Merekabentuk dan Menilai Mesin Peleraian dan Penyisihan Lada

Ahmad Jusoh dan Muhammad Salih Haji Ja'afar

*Fakulti Kejuruteraan
Universiti Pertanian Malaysia
43400 Serdang, Selangor, Malaysia*

Received 2 October 1993

ABSTRAK

Lada (*Piper nigrum* L.) merupakan salah satu tanaman kontan terpenting di Malaysia terutamanya di Sarawak. Terdapat dua jenis pengeluaran yang terkenal di peringkat antarabangsa iaitu lada hitam dan lada putih. Kertas kerja ini menerangkan prestasi mesin peleraian dan penyisihan lada yang telah direkabentuk dan dibina di Universiti Pertanian Malaysia. Mesin tersebut mempunyai tiga tugas utama iaitu meleraian buah-buah lada segar dari tangkai, mengasing buah terlerai dari tangkai kosong dan menyisih buah yang besar (> 5 mm garispusat) untuk pengeluaran lada putih dan buah yang kecil untuk pengeluaran lada hitam. Penilaian telah dilakukan untuk menentukan kelajuan optimum bagi proses peleraian dan penyisihan. Kelajuan pengendalian optimum bagi proses peleraian adalah didapati 700 psm. Pada kelajuan ini, purata kapasiti peleraian adalah 338 kg/jam dengan kecekapan peleraian sebanyak 99% dengan buah pecah kurang daripada 5%. Manakala untuk proses penyisihan, kelajuan penyisih optimum adalah 280 psm dengan purata kapasiti penyisihan mencapai 415 kg/jam.

ABSTRACT

Pepper (*Piper nigrum* L.) is an important cash crop in Malaysia, especially for the state of Sarawak. There are two major pepper products in international trade, white pepper and black pepper. This paper describes the performance of a mechanized pepper thresher and sorter which was designed and fabricated at Universiti Pertanian Malaysia. The machine serves three main functions: detaching berries from the stalks, separating detached berries from the empty stalks and separating large (> 5 mm diameter) and small berries for white and black pepper production, respectively. Tests were carried out to determine the optimum speed for threshing and sorting. The optimum operating speed for threshing was found to be 700 rpm. At this speed, the average threshing capacity was 338 kg/h with threshing efficiency of 99%; damaged berries accounted for less than 5%. The optimum operating speed for the sorting was found to be 280 rpm with the average sorting capacity of 415 kg/h.

Kata kunci: peleraian, penyisihan, lada putih, lada hitam

PENGENALAN

Lada (*Piper nigrum* L.) yang dikenali juga sebagai lada hitam adalah merupakan salah satu tanaman kontan yang penting di Malaysia terutama di negeri Sarawak. Lada hitam adalah sejenis rempah yang menghasilkan pertukaran asing terpenting bagi Malaysia. Terdapat dua jenis pengeluaran yang terkenal di peringkat antarabangsa iaitu lada putih dan lada hitam. Namun demikian terdapat juga pengeluaran lada dalam bentuk-bentuk lain seperti lada hijau, lada serbuk, minyak lada dan 'oleoresin lada' (Zahara 1986).

Malaysia merupakan negara pengeluar keempat terbesar dunia selepas Brazil, Indonesia dan India dengan pengeluaran sebanyak 29,000 tan metrik (19.3% daripada pengeluaran lada dunia). Pengeluaran dalam bentuk lada hitam adalah sejumlah 17,996 tan sementara bakinya adalah lada putih (Kementerian Ekonomi 1990/1991). Sarawak menghasilkan 95% daripada jumlah pengeluaran lada di Malaysia dengan keluasan 2,530 hektar sementara di Sabah seluas 160 hektar dan di Semenanjung Malaysia adalah 260 hektar yang kebanyakannya tertumpu di negeri Johor, Pahang, Kelantan dan Kedah.

Pada kebiasaannya selepas lada dituai, ianya perlu diproses secepat mungkin untuk mengekalkan kualitinya. Peleraian buah lada dari tangkai secara tradisional dilakukan dengan memijak lada tersebut dengan kaki (Puan *et al.* 1985). Kaedah ini sudah pasti memerlukan tenaga buruh yang banyak dan mengambil masa yang lama (Bong dan Saad 1985). Namun, terdapat juga petani-petani maju yang mampu menggunakan mesin peleraian padi yang diubahsuai untuk meleraikan buah lada. Kebanyakan mesin ini kurang cekap kerana memerlukan dua atau tiga kali ulangan untuk memperolehi peleraian yang sempurna. Proses penyisihan dilakukan secara berasingan dengan menggunakan ayakan tangan.

Sebuah mesin yang telah dibina oleh Wan Ishak *et al.* (1984) ianya boleh digunakan untuk meleraikan padi dan buah lada. Mesin ini berupaya meleraikan sejumlah 200 kg/jam lada hitam dengan kecekapan mencapai ke tahap 97%. Mesin ini didapati tidak mempunyai kemudahan penyisihan antara buah kecil dan buah besar dan proses ini dilakukan secara berasingan.

Sebuah mesin peleraian lada yang menggunakan kuasa enjin dan dilengkapi dengan kemudahan pengasingan tangkai serta penyisihan buah besar untuk membuat lada putih dan buah kecil untuk membuat lada hitam telah dicipta di Universiti Pertanian Malaysia untuk menyelesaikan beberapa masalah yang disebut di atas. Keupayaan mesin dan kecekapan proses telah diperhatikan, beberapa kesimpulan telah dapat dirumuskan bagi memastikan kesempurnaan mesin ini.

BAHAN DAN KAEDAH

Kekuatan Lada

Buah lada terdiri daripada dua komponen utama iaitu kulit dan biji. Biji lada mempunyai garispusat 4-5 mm manakala kulitnya adalah setebal 1.5-2 mm. Buah-buah lada berjumlah antara 40-80 buah yang terlekat pada setiap tangkai. Petikan tangkai buah dari pokok adalah biasanya menggunakan tangan.

Ujikaji kekuatan buah lada telah menggunakan mesin Instron 1140 Universal Testing Machine. Berdasarkan kajian awal, daya maksimum yang diperlukan untuk meleraikan buah lada segar dari tangkainya adalah 2.6 N. Daya yang diperlukan untuk memecah kulit buah lada adalah di antara 13 N ke 24 N. Sementara daya untuk memecah biji lada adalah di antara 20 N ke 32 N. Daya-daya ini banyak bergantung kepada tahap kematangan buah. Buah kuning atau merah memerlukan daya peleraian dan daya pemecahan kulit yang rendah berbanding dengan buah hijau. Sebaliknya, buah kuning atau merah memerlukan daya pemecahan biji yang lebih tinggi berbanding dengan buah hijau.

Ujikaji kekuatan tersebut sangat penting dilakukan sebelum merekabentuk mesin tersebut supaya jumlah daya-daya yang bertindak adalah melebihi daripada daya untuk meleraikan buah daripada tangkai tetapi kurang daripada daya-daya untuk memecah kulit dan biji. Mesin ini telah direkabentuk untuk memenuhi ciri-ciri tersebut.

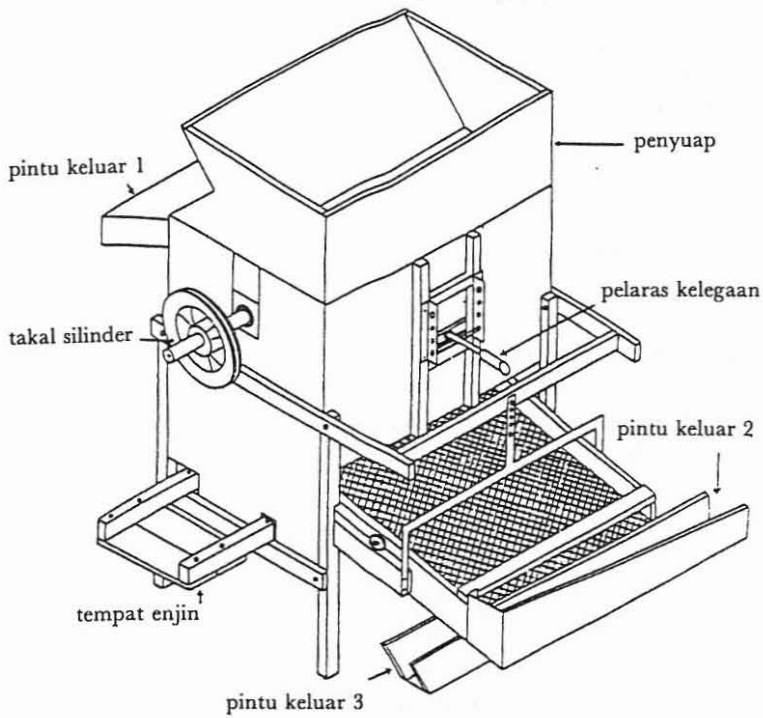
Rekabentuk Mesin Peleraian

Mesin peleraian terdiri daripada empat komponen utama iaitu penyuar, silinder berpusing dan cengkungan, pengayak dan motor elektrik atau enjin seperti yang ditunjukkan dalam *Rajah 1*.

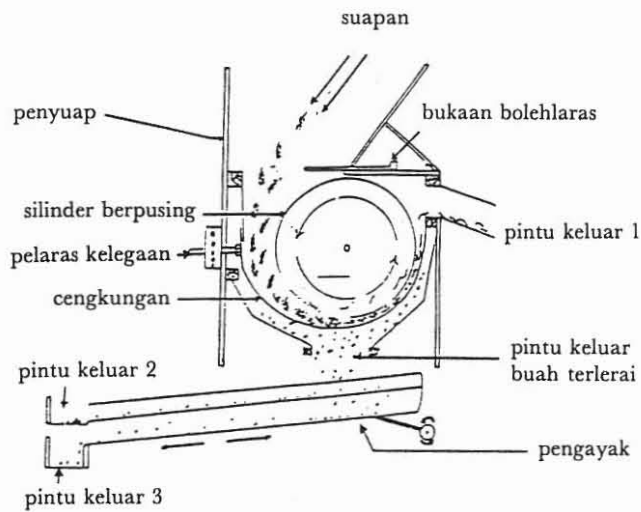
Penyuar ialah bekas di mana buah-buah lada segar yang belum dileraikan dimasukkan ke dalamnya. Kecerunan dinding penyuar adalah lebih tinggi daripada sudut rehat longgokan tangkai buah supaya ianya dapat jatuh dengan sendiri. Kadar suapan buah dikawal oleh satu bukaan boleh laras yang terdapat di bahagian leher antara penyuar dengan unit peleraian.

Unit peleraian adalah terdiri daripada silinder yang berpusing dan cengkungan yang tetap. Kedua-dua silinder dan cengkungan diliputi dengan jejaring dawai. Kelajuan pusingan silinder adalah dikawal oleh sistem takal yang disambung kepada enjin. Kelegaan antara silinder dan cengkungan berubah daripada 50 mm pada peringkat permulaan masuk kepada 5 mm pada penghujung seperti yang ditunjukkan oleh *Rajah 2*. Rekabentuk seumpama ini akan membenarkan buah-buah lada terlerai gugur ke bawah dan hanya tangkai kosong sahaja yang keluar menerusi pintu keluar 1.

Rekabentuk unit peleraian adalah berdasarkan kepada keperluan daya



Rajah 1: Pandangan isometrik mesin pelerai lada



Rajah 2: Keratan sisi mesin pelerai lada

untuk meleraikan buah-buah lada dari tangkainya. Bagi silinder yang berpusing, daya yang dibekalkan oleh enjin, F dipindahkan kepada daya empar silinder berpusing dan adalah sama dengan daya empar yang dialami oleh buah lada tersebut, iaitu:-

$$F = \frac{MV^2}{R} \quad (1)$$

dengan

- F = Daya empar (Newton)
- M = Jisim buah lada (Kg)
- V = Halaju buah lada = $2(\pi RN)$ (m/saat)
- R = Jejari silinder (m)
- N = Kelajuan pusingan silinder (pusingan/saat)

Kuasa silinder, P (dalam unit watt) boleh didapati daripada persamaan berikut:

$$P = F \times R \times N \quad (2)$$

Kiraan kuasa adalah penting untuk menentu bekalan kuasa enjin yang perlu disediakan. Di samping daya empar, terdapat juga daya geseran yang bertindak antara silinder dan cengkungan ke atas buah lada. Memandangkan cengkungan mahupun silinder diperbuat dari jaringan dawai, luas permukaan yang bergeser adalah didapati kecil. Daya geseran boleh diabaikan. Sistem takal yang disambungkan oleh tali pinggang antara enjin kepada silinder mempunyai garispusat takal yang berbeza. Kelajuan silinder dapat ditentukan daripada hubungan berikut:

$$\frac{U \times N_1}{N_2} = \frac{d_2}{d_1} \quad (3)$$

dengan

- N_1 = Kelajuan takal pemacu (psm)
- N_2 = Kelajuan takal pengikut (psm)
- d_1 = Garispusat takal pemacu (m)
- d_2 = Garispusat takal pengikut (m)
- U = Pekali gelinciran tali pinggang

Hubungan kelajuan antara unit pengayak dan unit peleraian boleh ditentukan sama seperti persamaan (3). Unit pengayak diperbuat daripada jaringan dawai segiempat atau dawai selari dan ianya disambung kepada aci engkol sebelum dihubungkan kepada sistem takal untuk mewujudkan

ayakan yang sesuai. Pengayak juga dibina dengan kecerunan boleh laras untuk memperoleh sudut kecerunan yang optimum.

Enjin petrol atau motor elektrik boleh digunakan untuk menjalankan mesin ini. Walau bagaimanapun, untuk kemudahan pekebun-pekebun kecil, enjin petrol (2.25 kw seperti bersamaan 2) adalah lebih sesuai kerana ianya mudah alih. Berdasarkan kepada Singhal dan Thierstein (1987), mesin peleraian mudah alih menggunakan kuasa antara 2.25 kw hingga 7.5 kw enjin petrol. Satu keistimewaan mesin ini adalah kebanyakan komponen-komponen utama seperti penyuap, silinder, pengayak dan enjin direka supaya mudah dibuka dan dipasang kembali. Ciri-ciri ini amat penting untuk memudahkan kerja-kerja pembersihan dan penyelenggaraan.

Kaedah Pengiraan Kecekapan

Beberapa kelajuan silinder di antara 500 – 900 psm telah diperhatikan dalam menjalani ujian peleraian dan penyisihan buah. Bagi setiap kelajuan tersebut, sebanyak 3 kg buah lada (bersama tangkai) yang baru dituai dimasukkan ke dalam penyuap. Masa untuk keseluruhan proses peleraian tersebut dicatat untuk menentukan kapasiti peleraian dalam unit kilogram per jam.

Peratus kecekapan peleraian dan buah pecah ditentukan dengan menggunakan formula berikut:

$$\text{Peratus kecekapan peleraian} = \frac{\text{Jumlah bilangan buah terlerai}}{\text{Jumlah bilangan buah pada tangkai berkenaan}} \times 100$$

$$\text{Peratus pecah} = \frac{\text{Bilangan buah pecah}}{\text{Jumlah bilangan semua buah yang terlerai}} \times 100$$

Buah-buah yang terlerai akan jatuh ke atas pengayak. Buah besar tertahan di atas jaringan bersaiz 5 mm dan keluar melalui pintu 2. Sementara buah kecil jatuh menerusi lubang jaringan tersebut dan keluar melalui pintu 3. Prestasi penyisihan ditentukan dengan menilai kapasiti ayakan dan peratus buah tersekat pada kelajuan pengayak 120, 160, 200, 240 dan 280 psm untuk setiap sudut kecerunan pengayak yang berbeza iaitu 13, 16 dan 19°.

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Mesin peleraian dan penyisih yang direkabentuk berjaya menjalankan tiga tugas utama, iaitu meleraikan buah-buah dari tangkainya, mengasingkan buah terlerai dari tangkai kosong dan menyisih buah besar dari buah kecil.

Peleraian

Keputusan proses peleraian ditunjukkan dalam Jadual 1. Berdasarkan jadual tersebut, didapati kapasiti, kecekapan peleraian dan peratus buah pecah adalah bertambah mengikut pertambahan kelajuan pusingan silinder.

JADUAL 1
Kecekapan peleraian mesin lada pada kelajuan pusingan yang berlainan

Kelajuan (psm)	Kapasiti (kg/ha)	Kecekapan Peleraian (%)	Buah Pecah (%)
500	270.0	90.00	1.00
700	337.5	99.00	4.67
800	540.0	99.50	9.67
900	720.0	99.80	18.33

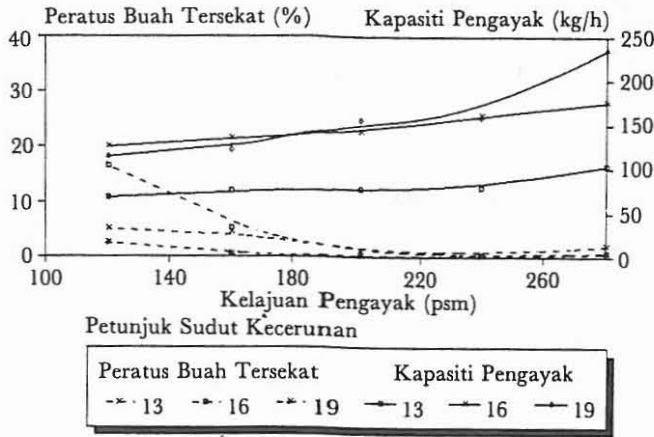
Memandangkan daya empar adalah bergantung kepada kelajuan pusingan silinder, N, semakin tinggi kelajuan pusingan bermakna semakin besar pula daya empar yang dihasilkan. Pada kelajuan pusingan yang tinggi daya geseran antara silinder, buah lada dan cengkungan semakin berkesan dan ini menyebabkan pertambahan peratus pecah meningkat dengan cepatnya.

Pada keadaan yang optimum, kelajuan silinder adalah 700 psm di mana kadar peleraian adalah didapati 338 kg/jam sementara kecekapan peleraian adalah 99% dan peratus buah pecah kurang daripada 5%. Pada kelajuan yang lebih tinggi (iaitu 800 dan 900 psm), kadar peleraian adalah lebih tinggi tetapi pertambahan kecekapan peleraian adalah berkurangan dan peratus buah pecah telah meningkat hingga melebihi 18%. Peratus pecah yang tinggi adalah tidak dikehendaki kerana ianya boleh merendahkan mutu pengeluaran lada.

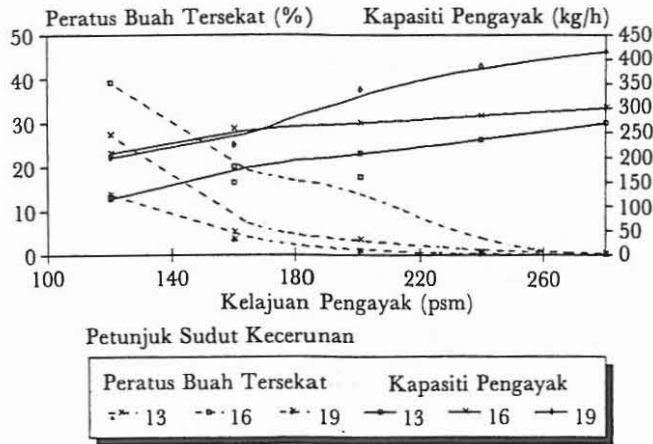
Penyisihan

Penyisihan adalah bertujuan untuk mengasingkan buah besar yang digunakan untuk membuat lada putih daripada buah kecil yang digunakan untuk membuat lada hitam. Penyisihan dilakukan dengan menggunakan sistem ayakan kerana kedua-dua jenis buah ini mempunyai perbezaan dari segi saiz.

Terdapat dua jenis pengayak, iaitu pengayak jaringan segiempat dan jaringan selari. Keputusan prestasi ayakan kedua-dua pengayak ditunjukkan dalam *Rajah 3(a), (b)*. Berdasarkan rajah-rajah ini, semakin tinggi kelajuan ayakan semakin tinggi pula kapasiti ayakan dan semakin rendah peratus buah yang tersekat di atas pengayak. Sudut kecerunan pengayak juga mempengaruhi kapasiti ayakan dan peratus buah yang tersekat;



RAJAH 3(a): Prestasi penyisihan mesin peleraai menggunakan pengayak jaringan segiempat pada kelajuan pusingan yang berlainan



Rajah 3(b): Prestasi penyisihan mesin peleraai menggunakan pengayak jaringan selari pada kelajuan pusingan yang berlainan

semakin tinggi sudut kecerunan pengayak semakin tinggi pula kapasiti ayakan dan semakin rendah peratus buah tersekat.

Bagi pengayak segiempat, kapasiti ayakan maksimum adalah 234 kg/jam pada kelajuan ayakan 280 psm di mana sudut kecerunan pengayak adalah 19°. Memandangkan kapasiti peleraian pada kelajuan ini lebih tinggi (iaitu 338 kg/jam), kesesakan berlaku pada ruang kemasukan di atas pengayak. Oleh itu pengayak segiempat adalah didapati kurang sesuai untuk menyisih buah lada dengan sepenuhnya.

JADUAL 2
 Kapasiti penyisihan pada jejaring segiempat dan selari berdasarkan kelajuan silinder dan sudut pengayak

Sumber	Kapasiti Penyisihan (kg/jam)	
	Jejaring Segiempat	Jejaring Selari
Kelajuan pengayak (psm)		
120	101.10 ^b	174.19 ^c
160	109.19 ^b	220.71 ^b
200	124.01 ^b	271.71 ^b
240	132.36 ^b	301.57 ^a
280	171.08 ^b	328.46 ^a
Sudut pengayak (°)		
13	79.72 ^b	201.47 ^b
16	146.85 ^a	263.81 ^a
19	156.08 ^a	312.72 ^a

JADUAL 3
 Peratus sangkut pada jejaring segiempat dan selari berdasarkan kelajuan drum dan sudut pengayak

Sumber	Kapasiti Penyisihan (kg/jam)	
	Jejaring Segiempat	Jejaring Selari
Kelajuan pengayak (psm)		
120	7.940 ^a	26.733 ^a
160	3.367 ^b	8.380 ^b
200	0.550 ^b	7.357 ^b
240	0.327 ^b	1.643 ^a
280	1.133 ^b	0.510 ^a
Sudut pengayak (°)		
13	2.24 ^b	8.306 ^b
16	4.63 ^a	14.800 ^a
19	0.76 ^a	3.668 ^b

Sementara pengayak selari pula, kapasiti ayakan maksimum adalah 415 kg/jam pada kelajuan ayakan 280 psm di mana sudut kecerunan pengayak adalah 19°. Disebabkan buah lada berbentuk bulat, sudut kecerunan pengayak yang lebih tinggi akan menyebabkan prestasi pengayakan atau pengasingan antara buah besar daripada buah kecil menjadi kurang sempurna. Memandangkan kapasiti ayakan lebih tinggi daripada kapasiti peleraian, maka tiada kesesakan berlaku pada bahagian kemasukan buah di atas pengayak. Dengan ini, didapati pengayak selari adalah lebih sesuai dan berkesan jika dibandingkan dengan pengayak segiempat.

Analisis varian dilakukan untuk menentukan sejauh mana kelajuan silinder dan sudut pengayak mempengaruhi kapasiti penyisihan dan peratus biji tersekat. Berdasarkan kepada analisis varian tersebut didapati kelajuan silinder dan sudut pengayak memberi perbezaan bererti kepada kapasiti penyisihan tetapi ianya tidak memberi perbezaan bererti terhadap peratus biji tersekat untuk kedua-dua jenis pengayak segiempat atau selari (Jadual 2,3).

KESIMPULAN

Pengenalan mesin peleraian dan penyisihan ini di Malaysia terbukti akan meningkatkan kecekapan bekerja dan menjimatkan masa pengendalian. Mesin tersebut direkabentuk agar mudah dikendalikan dan boleh dibina dengan menggunakan bahan-bahan tempatan di samping ianya tidak memerlukan pekerja mahir untuk mengendalikannya. Daripada kajian ini, adalah didapati bahawa kelajuan pengendalian optimum bagi peleraian adalah 700 psm di mana kapasiti peleraian mencapai 338 kg/jam dengan kecekapan peleraian sebanyak 99% dan peratus buah pecah kurang dari 5%. Manakala untuk penyisihan, kelajuan pengayak optimum adalah 280 psm dengan kapasiti pengayak adalah 415 kg/jam.

PENGHARGAAN

Kami ingin merakamkan ribuan terima kasih kepada kakitangan-kakitangan dan pembantu-pembantu penyelidik Fakulti Kejuruteraan, Universiti Pertanian Malaysia yang terlibat dalam menjayakan penyelidikan ini.

RUJUKAN

- BONG, C.F.J. and M.S. SAAD. 1985. The status of pepper in Sarawak. Bulletin Teknikal 3, Universiti Pertanian Malaysia Cawangan Sarawak.
- KEMENTERAAN KEWANGAN MALAYSIA. 1990/1991. Laporan ekonomi. Kuala Lumpur: Percetakan Negara.
- PUAN, S., M.B. TUKIMAN and ADINAN HUSIN. 1985. Pepper processing in the state of Johore. MARDI Report No. 99. Serdang Institut Penyelidikan dan Kemajuan Pertanian Malaysia.

- SINGHAL, O.P. and G.E. THIERSTEIN. 1987. Development of an axial-flow thresher with multi-crop potential. *Journal of Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America* **18(3)**: 57-65.
- WAN ISHAK WAN ISMAIL, M.L. MOHAMMAD and M.Y. IBRAHIM. 1984. Studies of a simple, locally designed pepper thresher for Sarawak. *Journal of Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America* **15(2)**: 63-67.
- ZAHARA, M. 1986. Pepper processing in Malaysia – A review. Dalam *Pepper in Malaysia*, ed. C.F.J. BONG and M.S. SAAD, hlm. 169 – 183, Kuching: Penerbitan Universiti Pertanian Malaysia Cawangan Sarawak.