

Penggunaan sistem penyejukan suria untuk pengeringan padi dalam simpanan

(The application of solar cooling system for in-store drying of paddy)

S. Wahid, R. Ibnu Hajar dan M. Ahmad Hajazi

Kata penunjuk: padi, sistem penyejukan suria, pengeringan dalam simpanan, kelembapan bandingan udara, mutu

Abstract

Paddy with an initial moisture content of 17.5% was dried for 13 days to a final moisture content of 13.2% by in-store drying which incorporated the solar cooling system. The average air temperature and relative humidity were 27.1 ± 0.5 °C and $64.6 \pm 6.6\%$ respectively. The system did not affect the milling yield, head rice recovery and germination. The milling yield, head rice recovery and germination were $67.8 \pm 0.2\%$, $84.0 \pm 0.6\%$ and $96.7 \pm 0.5\%$ respectively.

Abstrak

Padi dengan kandungan lembapan awal sebanyak 17.5% dikeringkan selama 13 hari kepada kandungan lembapan akhir 13.2% secara pengeringan dalam simpanan yang bergabung dengan sistem penyejukan suria. Suhu dan kelembapan bandingan purata udara pengering masing-masing ialah 27.1 ± 0.5 °C dan $64.6 \pm 6.6\%$. Kajian ini mendapati bahawa sistem ini tidak menjejaskan mutu hasil pengilangan, perolehan kepala beras dan percambahan. Hasil pengilangan, perolehan kepala beras dan percambahan masing-masing ialah $67.8 \pm 0.2\%$, $84.0 \pm 0.6\%$ dan $96.7 \pm 0.5\%$.

Pendahuluan

Sistem pengeringan suria dan sistem pengeringan yang menggunakan pemanas udara ialah dua daripada kaedah yang biasa digunakan dalam proses pengeringan padi. Bagaimanapun, sistem pengeringan suria agak terhad penggunaannya kerana ia lebih bergantung pada cuaca yang baik dan suria bentuk sinaran. Dalam keadaan pancaran suria yang baik, plat pengumpul suria dapat menghasilkan haba sebanyak 10.9×10^3 Wh/m² untuk memanaskan udara. Bijirin pada kandungan lembapan 24% memerlukan kadar aliran udara sebanyak 7.41 m³/minitan (Pierce dan Thompson 1980). Plat rata pengumpul suria dalam sistem pengeringan

suria biasanya mempunyai keluasan permukaan lebih kurang 140 m² dengan kecondongan 15°. Permukaannya dibuat daripada kepingan aluminium dan dicat hitam (Troeger dan Butler 1979).

Sistem penyejukan suria berbeza daripada sistem pengeringan suria. Sistem penyejukan suria telah direkabentuk sebagai pilihan selain sistem pemanas udara untuk pengeringan padi dalam simpanan khususnya untuk beroperasi pada malam hari. Bagi pengeringan padi dalam simpanan, padi yang berlembapan 16–18% dikeringkan secara perlahan sehingga mencapai tahap kandungan lembapan akhir yang dikehendaki. Suhu udara pengering

*Stesen Penyelidikan MARDI Bukit Raya, Peti Surat No. 1, Pejabat Pos Pendang, 06707 Pendang, Kedah, Malaysia
Nama penuh pengarang: Wahid bin Said, Ibnu Hajar bin Hj. Rukunudin dan Ahmad Hajazi bin Hj. Man
©Institut Penyelidikan dan Kemajuan Pertanian Malaysia 1999

yang 3–5 °C lebih tinggi daripada suhu ambien digunakan bagi merendahkan kelembapan bandingan udara pengering. Biasanya alat pemanas udara elektrik digunakan untuk menaikkan suhu ambien. Kejayaan sistem pengeringan lebih bergantung pada mutu udara ketika pengeringan dijalankan. Jika kelembapan bandingan udara melebihi 75%, pengeringan tidak dapat dijalankan dengan sempurna dan alat pemanas udara mesti digunakan (Bakker-Arkema dan Salleh 1985).

Sistem penyejukan suria yang digunakan berupaya merendahkan kelembapan bandingan udara kepada tahap yang memuaskan tanpa menggunakan alat pemanas udara ketika beroperasi. Tanpa penggunaan alat pemanas udara, kos pengeringan dapat dikurangkan.

Bahan dan kaedah

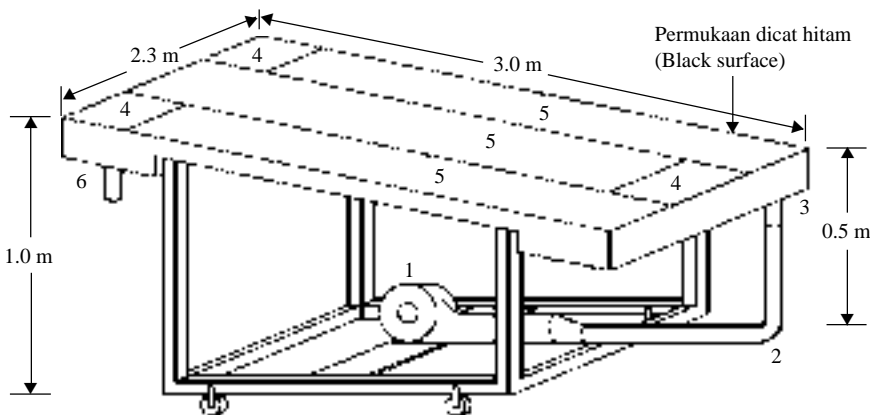
Sistem penyejukan suria

Sistem penyejukan suria (*Gambarajah 1*) yang boleh digerak alih berukuran 3.0 m (panjang), 2.3 m (lebar) dan 0.5–1.0 m (tinggi). Ia terdiri daripada satu unit kipas, salur masuk udara, salur keluar udara, tiga bahagian gel silika dan tiga bahagian

pengumpul suria yang dihitamkan permukaannya. Pada bahagian salur keluar udara, salur getah dipasang dan disambungkan kepada sistem pengeringan dalam simpanan yang mengandungi padi separa basah ketika proses pengeringan pada malam hari. Secara asasnya, sistem ini perlu beroperasi pada siang hari dengan mendedahkan pengumpul suria kepada sinaran untuk mengeringkan gel silika. Sistem ini beroperasi pada malam hari untuk merendahkan kelembapan bandingan udara dan menghasilkan udara yang kering dan sejuk bagi tujuan pengeringan.

Operasi tanpa bahan

Operasi ini bertujuan meneliti perubahan suhu dan kelembapan bandingan udara setelah melalui sistem penyejukan suria (SPS) yang direkabina. SPS ditempatkan di kawasan lapang untuk mendapatkan sinaran cahaya suria yang mencukupi untuk mengeringkan gel silika. Piranometer (Solar Integrator CC12, KIPP & ZONEN) digunakan untuk mengukur keamatan sinaran suria. SPS beroperasi selama 8 jam (daripada pukul 10 pagi sehingga pukul 6 petang) bagi pemanasan dan juga 8 jam



1. Kipas (Fan)
2. Salur getah (Rubbertube)
3. Salur masuk udara ke sistem (Air inlet tube)
4. Gel silika (Silica gel)
5. Pengumpul suria (Solar collector)
6. Salur keluar udara ke bekas padi (Air outlet tube)

Gambarajah 1. Sistem penyejukan suria (Figure 1. Solar cooling system)

(daripada pukul 9 malam sehingga pukul 5 pagi) bagi penyejukan. Operasi-operasi ini tidak menggunakan padi sebagai bahan untuk dikeringkan.

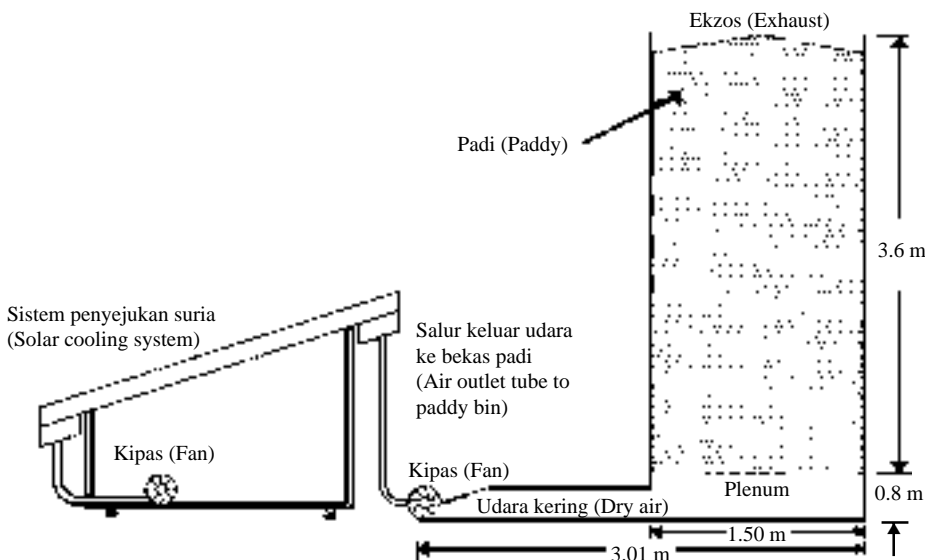
Operasi dengan bahan

Operasi sebenar berjalan pada malam hari. Sistem pengeringan padi dalam simpanan (muatan 4 tan) beroperasi bersama dengan SPS (*Gambarajah 2*). Kebuk pengering padi dalam simpanan yang mengandungi 3.6 tan padi dengan kandungan lembapan 17.5% disambungkan kepada SPS yang beroperasi selama 8 jam. Suhu dan kandungan lembapan padi pada lapisan yang berbeza di dalam kebuk ditentukan. Suhu padi, suhu udara, suhu plenum dan suhu ekzos diukur dengan menggunakan termogandingan jenis *T* dan dirakam setiap jam dengan menggunakan perakam data.

Kelembapan bandingan udara diperoleh daripada carta psikrometrik dengan menggunakan termometer suhu bebuli kering dan termometer suhu bebuli basah yang dirakam. Sampel padi diambil setiap hari untuk mengukur kandungan lembapan dengan menggunakan meter lembapan Kett.

Mutu fizikal

Sampel awal (sebelum operasi penyejukan suria) dan sampel akhir (setelah operasi) padi diambil untuk menentukan mutu fizikal seperti biji retak, ketumpatan pukal dan percambahan. Biji retak ditentukan dengan memilih 300 biji padi bernas (100 biji setiap dulang) dan disusun di dalam dulang plastik yang berlubang. Dulang ini diletakkan pada jaluran lubang yang terdapat pada alat pengesan biji retak dan digerakkan ke atas dan bawah untuk mengesan biji retak. Dengan bantuan kanta pembesar dan pancaran cahaya daripada mentol, biji retak dapat dilihat dengan jelas dan dikira. Ketumpatan pukal diukur dengan menggunakan penimbang ‘hectolitre-weight’. Untuk menentukan percambahan, sebanyak 400 biji padi bernas dan kering digunakan. Setiap piring petri mengandungi 100 biji padi yang disusun di atas kertas turas yang lembap. Kertas turas dipastikan dalam keadaan yang lembap sepanjang tempoh kajian. Percambahan diperiksa setiap 5, 10 dan 15 hari. Percambahan padi dianggap berlaku dan dikira apabila biji padi mengeluarkan akar dan pucuk.



Gambarajah 2. Sistem penyejukan suria ketika beroperasi dihubungkan ke silinder pengering (Figure 2. Solar cooling system attached to drying cylinder during operation)

Jadual 1. Perubahan suhu dan kelembapan bandingan udara ketika operasi pemanasan dan penyejukan
(Table 1. Changes in air temperature and relative humidity during heating and cooling)

	Suhu (Temperature, °C)		Kelembapan bandingan (Relative humidity, %)	
	Ambien (Ambient)	Plenum (Plenum)	Ambien (Ambient)	Plenum (Plenum)
Julai 1994*				
Pemanasan (Heating)	31.3 ± 1.1	40.2 ± 1.1	69.5 ± 4.3	51.4 ± 10.0
Penyejukan (Cooling)	26.6 ± 0.6	30.3 ± 0.7	91.2 ± 1.8	70.1 ± 3.7
Januari 1995#				
Pemanasan (Heating)	23.5 ± 0.5	33.3 ± 1.8	70.7 ± 6.3	70.0 ± 4.7
Penyejukan (Cooling)	22.2 ± 0.4	25.9 ± 0.4	87.4 ± 4.7	74.7 ± 6.3

*7 bacaan setiap hari, operasi 2 hari, 2 percubaan (7 readings per day, 2-day operation, 2 trials)

#6 bacaan setiap hari, operasi 4 hari, 1 percubaan (6 readings per day, 4-day operation, 1 trial)

Mutu pengilangan

Mutu pengilangan seperti jumlah beras perang, hasil pengilangan, perolehan kepala beras dan darjah keputihan ditentukan dengan menggunakan peralatan mengkilang peringkat makmal. Sebanyak 135 g padi yang telah dibersihkan dikilang dengan menggunakan alat pengupas gegelang getah dan pemutih Satake. Sekam diasingkan dengan alat pengupas bagi mendapatkan beras perang. Beras putih diperolehi setelah dedak dibuang melalui proses pemutihan. Kepala beras diperolehi setelah beras patah diasingkan dengan menggunakan silinder penggred no. 4.75, berputar selama 2 minit dengan kedudukan mangkuk penadah pada kecondongan 0°. Darjah keputihan beras ditentukan dengan menggunakan meter keputihan (Kett, Satake, model C-300).

Hasil dan perbincangan

Operasi tanpa bahan

Sebanyak dua operasi (Julai 1994 dan Januari 1995) telah dijalankan. Operasi ini melibatkan operasi pemanasan pada siang hari dan operasi penyejukan pada malam hari. Operasi dijalankan selama 4 hari. Hasil daripada kajian menunjukkan perubahan suhu dan kelembapan bandingan udara sebelum dan selepas melalui SPS (*Jadual 1*). Suhu udara didapati meningkat sebanyak 8.9–9.8 °C. Peningkatan ini penting untuk mengeringkan gel silika.

Dalam operasi tanpa bahan ini juga, kelembapan bandingan udara menurun daripada 70–71% kepada 51–70%. Keamatan sinaran suria yang paling tinggi iaitu 947 Wh/m² dicatat pada pukul 1–2 petang. Nilai puratanya sepanjang operasi ialah 604.8 Wh/m².

Semasa operasi penyejukan, kelembapan bandingan udara menurun sebanyak 13–21% dan menghasilkan kelembapan bandingan sebanyak 70–75% yang sesuai untuk pengeringan padi dalam simpanan (Bakker-Arkema dan Salleh 1985). Suhu udara yang dijangka akan menurun tidak berlaku. Sebaliknya suhu meningkat kepada 26–33 °C ketika operasi penyejukan dijalankan (suhu ambien: 22–24 °C).

Operasi dengan bahan

Sebanyak 3.6 tan padi separa basah pada kandungan lembapan 17.5% memerlukan 13 hari untuk dikeringkan dengan menggunakan SPS. Suhu dan kelembapan bandingan awal udara masing-masing 22.8 ± 1.1 °C dan 79.8 ± 5.4%. Setelah melalui SPS, suhu udara meningkat kepada 26.2 ± 0.7 °C manakala kelembapan bandingan udara menyusut kepada 57.1 ± 2.8%. Pada akhir operasi, suhu dan kelembapan bandingan udara sebelum dan selepas melalui SPS masing-masing ialah 25.0 ± 0.2 °C, 91.7 ± 2.1% dan 27.2 ± 0.0 °C, 77.7 ± 6.1% (*Jadual 2*).

Jadual 2. Suhu dan kelembapan bandingan udara ketika operasi pada malam hari, Januari 1995
(Table 2. Air temperature and relative humidity during cooling operation at night, January 1995)

Hari (Day)	Suhu (Temperature, °C)			Kelembapan bandingan udara (Relative humidity, %)		
	Ambien (Ambient)	Plenum (Plenum)	Ekzos (Exhaust)	Ambien (Ambient)	Plenum (Plenum)	Ekzos (Exhaust)
1	22.8 ± 1.1	26.2 ± 0.7	23.0 ± 0.8	79.8 ± 5.4	57.1 ± 2.8	78.6 ± 4.5
2	23.3 ± 0.6	26.6 ± 0.4	23.5 ± 0.4	81.3 ± 4.3	61.5 ± 2.6	81.2 ± 3.6
3	22.7 ± 0.6	26.2 ± 0.5	23.0 ± 0.7	83.5 ± 2.4	62.3 ± 0.8	83.6 ± 1.0
4	23.4 ± 0.9	26.9 ± 0.7	23.6 ± 0.4	82.0 ± 5.0	62.1 ± 2.2	83.8 ± 1.9
5	23.5 ± 1.0	27.1 ± 0.8	24.0 ± 0.5	83.7 ± 4.2	63.4 ± 2.4	82.9 ± 1.7
6	23.5 ± 0.9	27.4 ± 0.9	24.3 ± 0.9	85.8 ± 3.0	71.3 ± 2.0	86.4 ± 3.6
7	22.6 ± 1.2	26.7 ± 1.1	23.6 ± 1.2	88.9 ± 5.2	61.4 ± 2.6	87.8 ± 6.2
8	23.7 ± 1.0	27.4 ± 1.0	24.3 ± 1.1	85.6 ± 4.5	61.6 ± 2.8	85.5 ± 4.9
9	23.3 ± 1.2	27.3 ± 1.2	24.4 ± 1.2	87.3 ± 3.6	61.6 ± 2.8	84.8 ± 5.7
10	23.6 ± 1.4	27.3 ± 1.1	24.4 ± 1.0	83.6 ± 5.1	60.3 ± 2.5	84.8 ± 2.1
11	24.1 ± 0.6	27.6 ± 0.7	24.9 ± 0.7	86.5 ± 1.2	65.8 ± 1.8	86.9 ± 1.7
12	25.0 ± 0.2	27.2 ± 0.0	26.4 ± 0.2	91.7 ± 2.1	77.7 ± 6.1	87.5 ± 2.8

Nota: Sistem beroperasi selama 9–10 jam dan data dirakam setiap jam
(Note: The system operated for 9–10 h and data were recorded hourly)

Dapat dilihat bahawa kelembapan bandingan udara dapat diturunkan sebanyak $25.2 \pm 5.7\%$ dengan berkesan kepada tahap yang memuaskan (dapat dilihat pada bahagian udara plenum). Mikroorganisma tidak dapat membiak sekiranya keseimbangan kelembapan bandingan kurang daripada 65%. Walau bagaimanapun, secara am keseimbangan kelembapan bandingan yang kurang daripada 70% diperlukan untuk mengelakkan serangan kulat terhadap padi (Boxall dan Calverley 1985).

Suhu dan kandungan lembapan padi pada lapisan yang berbeza juga diukur. Operasi penyejukan telah menghasilkan perbezaan suhu dan kandungan lembapan antara padi lapisan atas dan lapisan bawah. Perbezaan ini masing-masing 2.4 °C dan 2.0%. Berdasarkan kajian yang dijalankan, hasil yang telah diperoleh amat menggalakkan berbanding dengan pengeringan secara perlahan (Wahid dll. 1995).

Mutu fizikal dan pengilangan

Mutu fizikal dan pengilangan sampel awal (kawalan) dan akhir padi seperti dalam

Jadual 3. Kandungan biji retak lebih tinggi dalam sampel padi yang dikilang. Walau bagaimanapun, nilainya sebanyak $9.2 \pm 1.9\%$ boleh dikatakan rendah dan peningkatannya tidak ketara. Keadaan ini turut meningkatkan penghasilan kepala beras kepada $84.0 \pm 0.6\%$. Bagaimanapun, sukar untuk mengaitkan antara kandungan biji retak dengan penghasilan kepala beras (Wahid dll. 1995). Hasil pengilangan (jumlah beras) sebanyak $67.8 \pm 0.2\%$ stabil dan tidak menunjukkan perbezaan yang ketara. Mengikut Ajimilah dan Mohd. Hashim (1982) serta Mohd. Nasir dan Zaleenah (1986), kandungan kepala beras secara keseluruhan bergantung pada bentuk biji, biji berkapur, amalan penanaman, kadar pengeringan, penyimpanan, pengilangan dan varieti.

Walaupun kesan pengeringan menunjukkan pengurangan peratus percambahan (perbezaan amat ketara pada $p = 0.01$), keupayaan biji bercambah masih tinggi. Pembuangan lapisan dedak sebanyak 8% dikategorikan sebagai pengilangan yang baik bagi mengurangkan kejadian beras hancur (Samsudin dan Rohani 1984). Terdapat perubahan yang ketara pada

Jadual 3. Mutu fizikal dan pengilangan padi/beras, Januari 1995
(Table 3. Physical and milling quality of rice, January 1995)

	Sampel awal ¹ (Initial sample)	Sampel akhir ² (Final sample)	dk (df)	t dikira (t-test)
Beras perang (Brown rice, %)	79.2 ± 0.2	78.6 ± 0.2	4	3.71*
Hasil beras (Rice yield, %)	67.9 ± 0.4	67.8 ± 0.2	4	0.46tb (ns)
Kepala beras (Head rice, %)	84.4 ± 0.9	84.0 ± 0.6	4	1.01tb (ns)
Dedak (Bran, %)	8.2 ± 0.1	8.1 ± 0.1	4	2.82*
Darjah keputihan (Degree of whiteness, unit)	46.6 ± 0.5	46.4 ± 0.1	4	0.64tb (ns)
Percambahan (Germination, %)	97.9 ± 0.2	96.7 ± 0.5	4	9.92**
Biji retak (Cracked grain, %)	8.7 ± 1.0	9.2 ± 1.9	16	0.68tb (ns)
Ketumpatan (Density, kg/hl)	52.7 ± 1.0	51.0 ± 0.5	10	4.4*

¹Padi dikeringkan pada suhu bilik (Paddy dried at room temperature)

² Padi dikeringkan melalui sistem (Paddy dried through system)

tb = tidak ketara pada $p = 0.05$ (ns = not significant at $p = 0.05$)

*ketara pada $p = 0.05$ (significant at $p = 0.05$)

**ketara pada $p = 0.01$ (significant at $p = 0.01$)

pembuangan lapisan dedak tetapi tidak menjejaskan perolehan kepala beras.

Kesimpulan

Sistem penyejukan suria boleh digunakan sebagai pilihan dalam pengeringan padi dalam simpanan. Dengan sistem ini, kelembapan bandingan udara ambien dapat dikurangkan sehingga 30.9%. Oleh yang demikian, pencapaian sistem ini setanding dengan sistem pengeringan yang menggunakan alat pemanas udara tanpa menjejaskan hasil pengilangan, perolehan kepala beras dan percambahan. Bagaimanapun, kajian selanjutnya perlu dijalankan bagi menentukan kesan penyejukan terhadap padi bagi mengelakkan serangan kulat. Perubahan pada saiz keseluruhan sistem dan muatan gel silika mungkin boleh diambil kira ke arah menyumbangkan kesan penyejukan.

Penghargaan

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada En. Elias Zakaria yang menjalankan analisis terhadap sampel padi.

Rujukan

Ajimilah, N. H. dan Mohd. Hashim, H. (1982). Kualiti padi dan beras. *Tekno. Makanan, MARDI 1(2): 22-7*

- Bakker-Arkema, F. W. dan Salleh, H. M. (1985). In-store drying of grain: the state of the art. *ACIAR Proc. Preserving Grain Quality by Aeration & In-store Drying 15: 24-30*
- Boxall, R. A. dan Calverley, D. J. B. (1985). Grain quality considerations in relation to aeration and in-store drying. *ACIAR Proc. Preserving Grain Quality by Aeration & In-store Drying 15: 17-23*
- Mohd. Nasir, A. dan Zaleenah, Z. (1986). Quality characteristics of some Malaysian rice varieties. *Proc. 9th. ASEAN Technical Seminar on Grain Postharvest Technology 26-29 Ogos 1986, Singapore (de Mesa, B. M., ed.) m.s. 398. Manila: ASEAN Crops Postharvest Programme*
- Pierce, R. O. dan Thompson, T. L. (1980). Management of solar and low-temperature grain drying system – part 1: Operation strategies with full bin. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng. 23(4-6): 1020-32*
- Samsudin, A. dan Rohani, M. Y. (1984). Aspek-aspek teknikal dalam pengilangan padi/beras. *Tekno. Makanan, MARDI 3: 99-101*
- Troeger, J. M. dan Butler, J. L. (1979). Peanuts drying with solar energy. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng. 1250-53*
- Wahid, S., Rashidan, A., Rosniyana, A. dan Ahmad Hajazi, M. (1985). Slow drying on quality of paddy. Kertas kerja yang dibentangkan dalam 17th ASEAN Technical Seminar on Grain Postharvest Technology, 25-27 Julai 1995, Lumut, Perak. Penganjur: ASEAN Food Handling Bureau, BERNAS and ACIAR

Diluluskan untuk penerbitan pada 3 Mac 1999