

## Sistem kejuruteraan pertanian moden bersepadu untuk pengendalian lepas tuai dan pemprosesan biji benih padi

(Integrated modern agricultural engineering system for paddy seed postharvest handling and processing)

Masniza Sairi, Afiqah Aina Rahim, Asnawi Shahar, Mohamad Jani Saad, Saiful Azwan Azizan, Ishak Hashim, Hairazi Rahim, Azzami Adam Muhammad Mujab, Mohd Hafiz Mohd Yusoff, Nuraini Ahmad Ariff Shah, Amir Syariffuddeen Mhd Adnan, Wan Mohd Fariz Wan Azman, Badaruzzaman Mohamad Noh, Zainun Mohd Shafie, Hasmin Hakim Hasbullah, Sharifah Hafiza Mohd Ramli, Mohd Shahrir Azizan dan Teoh Chin Chuang

### Pengenalan

Biji benih padi (*Oryza sativa* L.) merupakan salah satu input asas yang penting dalam industri penanaman padi selain baja, air, racun serangga dan lain-lain. Unit operasi dalam pengendalian lepas tuai dan pemprosesan benih padi adalah prapembersihan, pengeringan, pengisihan, penggredan, pembungkusan, penyimpanan dan pelabelan. Pengendalian lepas tuai dan pemprosesan yang efisien adalah kritikal untuk mendapatkan padi yang berkualiti (kadar percambahan tinggi, serangan perosak dan penyakit yang rendah dan lain-lain), seterusnya meningkatkan hasil padi sebanyak 20 – 30%. Pengendalian lepas tuai dan pemprosesan adalah penting untuk memastikan benih padi yang dihasilkan mematuhi piawaian kawalan kualiti benih padi MS 469:1993 oleh Jabatan Pertanian Malaysia.

Secara umum, di negara tropika seperti Malaysia, benih padi semasa penuaian mempunyai kandungan lembapan (m.c.) 20 – 28% (berat basah). Benih padi perlu dikeringkan secepat mungkin dalam tempoh 24 jam selepas penuaian dengan menggunakan kaedah pengeringan yang betul sehingga mencapai tahap kandungan lembapan 12 – 14%. Sasaran kandungan lembapan ini adalah tahap yang selamat untuk mengelakkan kehilangan kuantitatif dan kualitatif benih padi semasa penyimpanan akibat respirasi, percambahan, pertumbuhan kulat (*Penicillium* sp. dan *Aspergillus* sp.) dan seterusnya memanjangkan jangka hayatnya. Pengering kebuk condong [*inclined bed dryer* (IBD)], pengering kebuk terbendalir [*fluidized bed dryer*] dan pengering Louisiana State University (LSU) adalah unit operasi pengeringan padi yang paling biasa digunakan di negara-negara Asia.

Sementara itu, proses pengasingan dan penggredan dijalankan dengan menggunakan pemisah graviti, pemisah silinder berlekuk (*indented cylinder separator*) dan pengisih warna optik untuk mendapatkan keseragaman sifat morfologi benih padi seperti berat, saiz dan warna masing-masing. Proses pengisihan dan penggredan menyaring dan mengasingkan kekotoran seperti

bendasing, padi muda, padi angin dan padi kapur. Secara amnya, kondisi penyimpanan, pembungkusan dan rawatan sebelum penyimpanan benih padi adalah faktor kritikal yang mempengaruhi kualiti benih padi dan memastikan jangka hayat yang lebih lama.

Isu pengedaran dan penjualan benih padi tidak sah di pasaran berlaku apabila pengilang yang tidak bertanggungjawab menggunakan beg benih dan/atau label pensijilan kualiti padi lama untuk memasarkan benih padi yang tidak diperakui. Selain itu, maklumat kebolehesanan benih padi seperti lokasi penanaman, tarikh pembungkusan, profil penjual, varieti benih padi dan pembajaan sukar diakses kerana maklumat terhad pada label pensijilan kualiti semasa.

Sehubungan itu, Pusat Penyelidikan Kejuruteraan, MARDI Serdang, Selangor telah membangunkan satu Sistem Kejuruteraan Lepas Tuai dan Pemprosesan Benih Padi di Loji Pemprosesan Benih Padi Asas Negara, MARDI Parit, Perak bagi menambah baik sistem sedia ada. Dalam penyelidikan ini, sistem direka bentuk, dibangun dan dinilai prestasinya.

### **Sistem kejuruteraan lepas tuai dan pemprosesan benih padi**

Sistem Kejuruteraan Lepas Tuai dan Pemprosesan Benih Padi yang dibangunkan mengintegrasikan pengering kebuk condong berskala kecil, pengisih warna optik, bilik simpanan sejuk dengan sistem IoT dan sistem pensijilan kualiti benih padi berasaskan kod QR.

Komponen utama pengering kebuk condong berskala kecil terdiri daripada corong masukan, prapembersih, gerabak luah (*discharge car*), ruang pengeringan, penunu diesel, penghembus (*blower*) dan panel kawalan dengan kapasiti maksimum 6 tan/ kelompok pemprosesan (*Gambar 1*). Kajian pengeringan dijalankan menggunakan varieti benih padi MARDI Siraj (MR 297) dengan berat basah awal 5 tan. Penilaian prestasi sistem dijalankan berdasarkan kadar pengeringan dan kadar penggunaan bahan api.

Pengisih warna optik yang digunakan ialah Meyer *Rice Color Sorter* (Hefei Meyer Optoelektronik Technology Inc., China) berkapasiti 1 – 3 tan benih padi/jam. Komponen utamanya ialah



*Gambar 1. Pengering kebuk condong berskala kecil berkapasiti 6 tan/kelompok pemprosesan*

corong masukan, sistem pemeriksaan, sistem pemprosesan data, sistem lentingan (*ejection system*), pemampat, penyedut siklon, penyampai timba (*bucket elevator*) dan panel kawalan (*Gambar 2*). Penilaian prestasi sistem dijalankan berdasarkan kecekapan pengasingan benih padi daripada kekotoran seperti bahan asing, padi muda, padi angin dan padi kapur. Penilaian dijalankan dengan membandingkan tiga set sampel benih

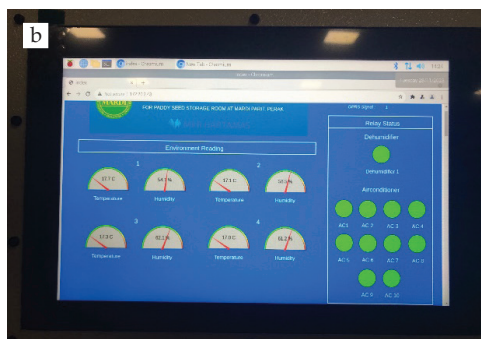
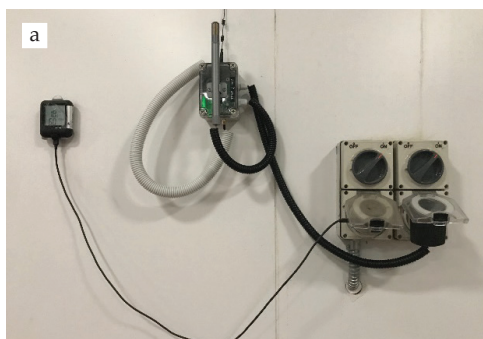
padi varieti MR 315 (T1: Kawalan; T2: Tiada pengisih warna optik; T3: Pengisih warna optik). Sampel benih padi yang digunakan dalam kajian ini adalah daripada plot penyelidikan yang tidak melalui proses penakaian di lapangan.

Sementara itu, bilik simpanan sejuk dilengkapi sistem IoT untuk pemantauan suhu (T) dan kandungan lembapan (RH) di dalam bilik. Sistem ini terdiri daripada penerima suhu dan kelembapan relatif, getaluan (*gateway*), pelayan, perisian dan papan pemuka (*Gambar 3*). Kadar percambahan dan bilangan serangga dibandingkan antara sampel padi yang disimpan di dalam bilik sejuk dan bilik ambien sehingga 6 bulan penyimpanan. Kajian kadar percambahan dan bilangan serangga perosak dijalankan menggunakan varieti benih padi MR 297, MR 315 dan MRQ 76. Serangga yang dikaji ialah *rust-red flour beetle* [*Tribolium castaneum* (TC)], *Angoumois grain moth* [*Sitotroga cerealella* (SC)], kumbang padi [*Sitophilus oryzae* (SO)] dan lain-lain.

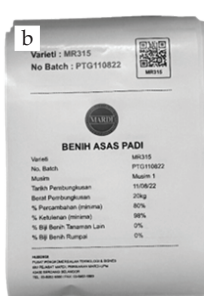
Sistem pensijilan kualiti benih padi berasaskan kod QR yang dibangunkan terdiri daripada aplikasi berasaskan *web*, komputer, pencetak laser dan kertas pensijilan kalis air. *Gambar 4* menunjukkan kad label dan proses menjahit kad label di bahagian beg pembungkusan benih. Masa yang diperlukan untuk menghasilkan label pensijilan kualiti benih padi dibandingkan antara label konvensional, label berasaskan kod QR (warna) dan label berasaskan kod QR (hitam putih) ( $n = 50$ ).



*Gambar 2. Pengisih warna optik berkapasiti 1 – 3 tan/jam*



*Gambar 3. Sistem pemantauan data masa nyata bilik simpanan sejuk. (a) Penerima suhu dan kelembapan relatif dan (b) Paparan sistem IoT*



*Gambar 4. Sistem pensijilan kualiti benih padi berasaskan kod QR. (a) Proses menjahit kad label di bahagian beg pembungkusan benih dan (b) Kad label benih padi asas yang berwarna putih*

### **Prestasi pengering kebuk condong berskala kecil**

Pembangunan pengering kebuk condong berskala kecil di Loji Pemprosesan Benih Padi Asas Negara, MARDI Parit, Perak bertujuan membolehkan proses pengeringan pada kapasiti tuaian benih padi yang lebih kecil dilaksanakan dengan efisien. Ini kerana pengering kebuk condong sedia ada berskala besar dengan kapasiti pemprosesan sebanyak 10 tan/kelompok.

Pengering kebuk condong berskala kecil ini mampu mengeringkan benih padi dengan kandungan lembapan awal 31.5% sehingga mencapai kandungan lembapan akhir 12.2% dalam masa 11.3 jam. Suhu pengeringan ditetapkan pada 42 – 45 °C dan ketebalan benih padi ialah 80 – 102 cm. Kadar pengeringan direkodkan sebanyak 1.9% kandungan lembapan setiap jam. Sementara itu, kadar penggunaan bahan api (diesel) untuk proses pengeringan ialah 12.5 L/jam. Kajian terdahulu mengenai pengeringan padi menggunakan IBD berskala industri berkapasiti 15 tan/kelompok pemprosesan melaporkan purata kandungan lembapan awal, kandungan lembapan akhir, masa pengeringan dan suhu pengeringan masing-masing ialah 23.6%, 13.1%, 15.7 jam dan 42 °C. Skala kecil sistem ini membolehkan pengeringan secara efisien pada jumlah benih padi yang lebih kecil. Ini mengelakkan isu kehilangan haba dan benih padi terapung di permukaan kebuk apabila pengering berskala besar digunakan.

### **Pengisih warna optik**

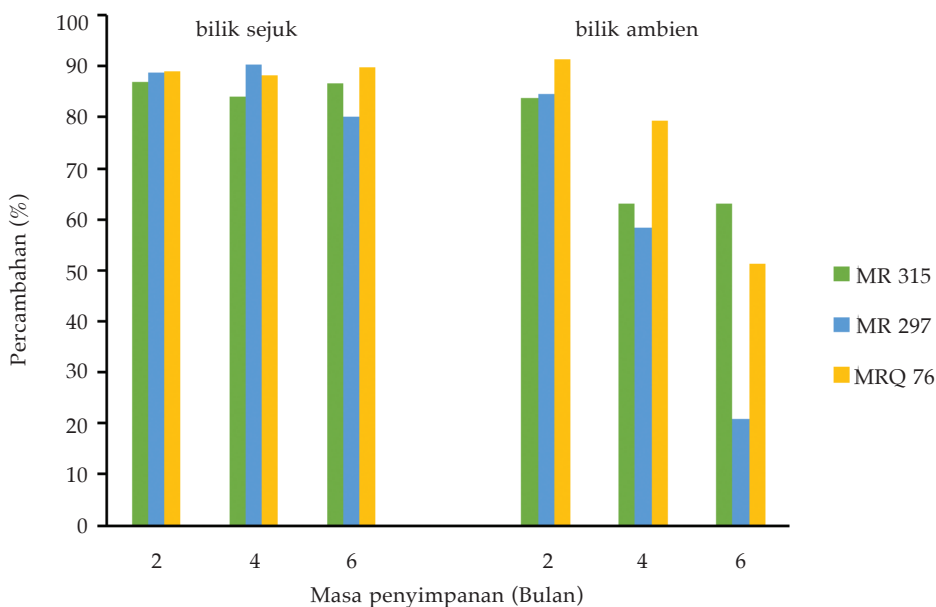
Pembangunan pengisih warna optik sebagai tambahan kepada pemisah graviti dan pemisah silinder berlekuk di Loji Pemprosesan Benih Padi Asas Negara, MARDI Parit, Perak meningkatkan keupayaan untuk menyaring dan mengasingkan kekotoran (bahan asing, padi muda, padi angin dan padi kapur). Keputusan menunjukkan pengurangan padi muda, padi angin dan padi kapur yang ketara dengan aplikasi pengisih warna optik ini. Walau bagaimanapun, pengurangan adalah tidak ketara untuk bahan asing. Pengisih warna optik ini berupaya mengurangkan jumlah kekotoran sampel benih padi varieti MR 315 daripada 24.0% kepada 1.2% yang mematuhi piawaian kawalan kualiti benih padi MS 469:1993 oleh Jabatan Pertanian Malaysia. Piawaian ini menetapkan kadar had maksimum kuantiti kekotoran yang terdapat dalam sampel benih padi mestilah tidak melebihi 2.0% untuk pengeluaran benih asas, daftar dan sah.

### **Bilik simpanan sejuk diintegrasikan sistem IoT**

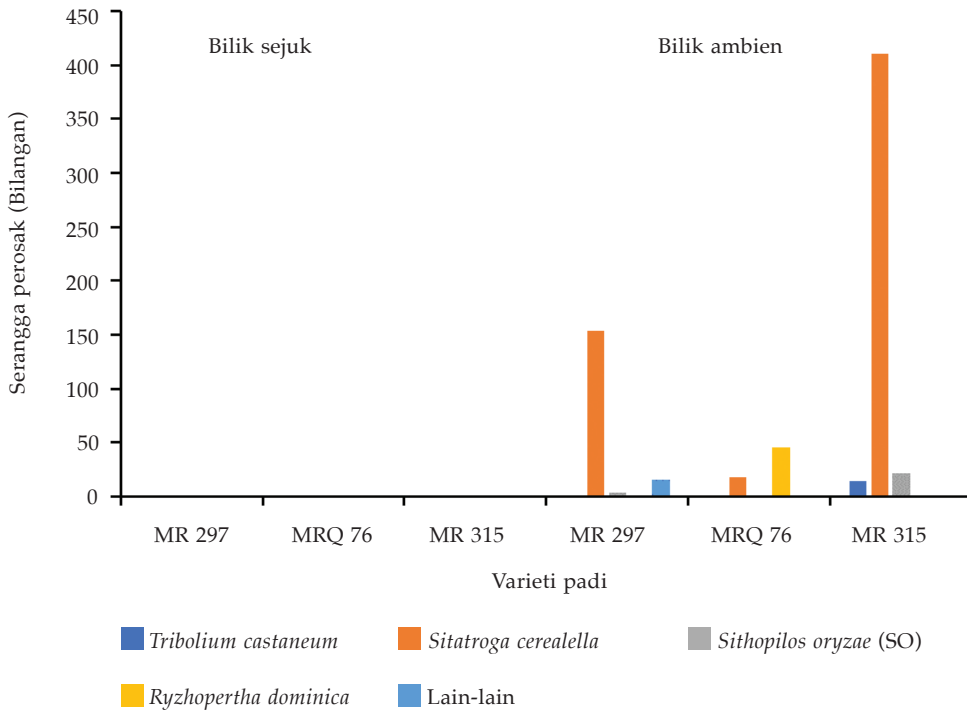
Pembangunan sistem IoT adalah bertujuan untuk memantau suhu (T) (15 – 20 °C) dan kelembapan relatif (RH) (55 – 60%) di dalam bilik simpanan sejuk di Loji Pemprosesan Benih Padi Asas Negara, MARDI Parit, Perak. Penggunaan sistem ini memudahkan operator loji untuk memantau kondisi bilik simpanan sejuk secara masa nyata. Sebarang ketidakpatuhan sistem yang berlaku akan diketahui melalui mesej/SMS yang dihantar.

Penggunaan bilik sejuk dalam penyimpanan benih padi menunjukkan kadar percambahan yang lebih tinggi berbanding dengan penyimpanan bilik ambien. Pada bulan keenam penyimpanan, kadar percambahan semua sampel varieti padi adalah lebih tinggi daripada sampel penyimpanan bilik ambien (*Rajah 1*). Ini selari dengan keputusan kajian lepas oleh Gupta di mana benih padi mengekalkan percambahan melebihi standard minimum (80%) sehingga 60 bulan apabila disimpan pada suhu rendah (15 °C) dan RH rendah (30%) berbanding dengan 24 bulan untuk penyimpanan suhu ambien. Di samping itu, kadar percambahan menunjukkan pengurangan secara beransur-ansur disebabkan oleh tempoh penyimpanan untuk kedua-dua keadaan penyimpanan (*Rajah 1*).

Dalam kajian ini, aplikasi bilik sejuk dalam penyimpanan benih padi juga menunjukkan bilangan serangga perosak yang lebih rendah berbanding dengan penyimpanan bilik ambien (*Rajah 2*). Pada bulan keenam penyimpanan, tiada serangga dikesan dalam sampel bilik sejuk. Walau bagaimanapun, 683 serangga (pelbagai spesies) telah dikesan dalam sampel bilik ambien (pelbagai varieti padi) dalam keadaan hidup dan mati.



*Rajah 1. Perbandingan kadar percambahan antara sampel padi yang disimpan di dalam bilik sejuk dan bilik ambien*



Rajah 2. Perbandingan bilangan serangga perosak antara sampel padi yang disimpan di dalam bilik sejuk dan bilik ambien pada bulan keenam penyimpanan

### Sistem pensijilan kualiti benih padi berasaskan kod QR

Pembangunan sistem pensijilan kualiti benih padi berasaskan kod QR di Loji Pemprosesan Benih Padi Asas Negara, MARDI Parit, Perak bertujuan menambah baik sistem pelabelan sedia ada yang dijalankan secara konvensional. Aplikasi sistem ini dimulakan dengan memasukkan maklumat yang diperlukan seperti varieti, nombor kelompok, tarikh pembungkusan, peratusan percambahan, dan peratusan ketulenan ke dalam sistem. Kemudian, label berasaskan kod QR dicetak dan dijahit pada beg pembungkusan benih padi seberat 20 kg. Pengguna boleh mengesahkan sijil kualiti dengan mengimbas kod QR pada label pensijilan, seterusnya mengelakkan risiko memperoleh benih padi yang tidak sah. Dalam kes benih padi asas, ia menggunakan kad label berwarna putih.

Kad label berasaskan kod QR (hitam serta putih dan berwarna) mempunyai reka corak yang sama. Keputusan kajian menunjukkan label berasaskan kod QR (hitam dan putih) mempamerkan masa pengeluaran terpendek berbanding dengan label berasaskan kod QR (berwarna) dan label konvensional (Jadual 1). Masa pengeluaran label berasaskan kod QR (hitam dan putih) dikurangkan 4.5 kali ganda berbanding dengan label

Jadual 1. Perbandingan masa yang diperlukan untuk menghasilkan label pensijilan kualiti benih padi

Kaedah	Label konvensional	Label berasaskan kod QR (berwarna)	Label berasaskan kod QR (hitam dan putih)
Masa (s)	1,633 ± 45	819 ± 10	408 ± 7

konvensional di mana pengendali perlu memasukkan maklumat secara manual. Masa pengeluaran label berasaskan kod QR (hitam dan putih) dikurangkan 2.0 kali ganda berbanding dengan label berasaskan kod QR (berwarna).

### Kesimpulan

Penyelidikan ini memfokus kepada pembangunan dan penilaian prestasi Sistem Kejuruteraan Lepas Tuai dan Pemprosesan Benih Padi di Loji Pemprosesan Benih Padi Asas Negara, MARDI Parit, Perak. Pengering kebuk condong berskala kecil (kapasiti maksimum 6 tan/kelompok) mampu mengeringkan benih padi dalam masa 11.3 jam (anggaran kandungan lembapan (m.c) awal dan akhir ialah 31.5% dan 12.2%) dengan suhu pengeringan 42 – 45 °C. Pembangunan sistem pengeringan benih padi diintegrasikan sistem IoT sedang dilaksanakan untuk menggantikan pengukuran kandungan lembapan secara manual. Pembangunan pengisih warna optik sebagai tambahan kepada pemisah graviti dan pemisah silinder berlekuk meningkatkan keupayaan untuk menyaring dan mengasingkan kekotoran (bahan asing, padi muda, padi angin dan padi kapur). Sementara itu, sistem IoT memantau suhu (T) (15 – 20 °C) dan kelembapan relatif (RH) (55 – 60%) di dalam bilik simpanan sejuk secara masa nyata. Penggunaan bilik sejuk dalam penyimpanan benih padi menunjukkan percambahan yang lebih tinggi dan serangga perosak yang lebih rendah berbanding dengan penyimpanan bilik ambien. Sistem pensijilan kualiti benih padi berasaskan kod QR yang dibangunkan mengandungi maklumat varieti, nombor kelompok, tarikh pembungkusan, peratusan percambahan dan peratusan ketulenan. Label berasaskan kod QR ini mempamerkan masa pengeluaran yang lebih singkat berbanding dengan label konvensional. Sistem Kejuruteraan Lepas Tuai dan Pemprosesan Benih Padi yang dilaksanakan di MARDI Parit ini menunjukkan potensi untuk meningkatkan produktiviti dan kualiti benih padi asas.

## Penghargaan

Penulis merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada MARDI untuk dana penyelidikan (Projek Pembangunan RMK-12 (P-RM521)) dan penggunaan fasiliti penyelidikan (MARDI Serdang, Selangor dan MARDI Parit, Perak).

## Bibliografi

- Gupta, A. (2010). Storage technologies to enhance longevity in paddy (*Oryza sativa* L.) Seed of parental lines IR58025A and IR58025B of hybrid PRH-10. *East African Journal of Sciences* 4(2): 106–113.
- Jabatan Pertanian Malaysia (2011). Malaysia Standard MS469:1993, Jabatan Pertanian Malaysia, Putrajaya.
- Nguyen, V.H., Tran, V.T., Pyseth, M., Tado, C.J.M., Myo, A.K., & Gummert, M. (2019). Best practices for paddy drying : Case studies in Vietnam, Cambodia, Philippines and Myanmar. *Plant Production Science* 22(1): 107–118.
- Sahari, Y., Abdul Wahid, R., Mhd Adnan, A.S., Bujang, A.S., Hosni, H., Engku Abdullah, E.H., Aris, Z., & Ahmad, R. (2015). Study on drying behavior and uniformity of dried paddy using industrial inclined bed dryer. *The 8<sup>th</sup> Asia-Pacific Drying Conference (ADC 2015)*, Kuala Lumpur, Malaysia, 10–12 Ogos 2015.
- Sahari, Y., Abdul Wahid, R., Mhd Adnan, A.S., Sairi, M., Hosni, H., Engku Abdullah, E.H., E. H., Alwi, S., Mohd Amin Tawakkal, M.H., Zainol Abidin, M.Z., & Aris, Z. (2018). Study on the drying performance and milling quality of dried paddy using inclined bed dryers in two different paddy mills located in MADA and IADA KETARA. *International Food Research Journal* 25(6): 2572–2578.
- Sarker, M.S.H., Ibrahim, M.N., Aziz, N.A., & Punan M.S. (2013). Drying kinetics, energy consumption, and quality of paddy (MAR-219) during drying by the industrial inclined bed dryer with or without the fluidized bed dryer. *Drying Technology* 31(3): 286–294.
- Sinha, J.P., Sunil J., Atwal S.S., & Sinha S.N. (2010). Post harvest management of paddy seed, Indian Agricultural Research Institute Regional Station, Karnal.
- Shahar, A., Wan Azman, W.M.F., Azizan, S.A., Sairi, M., Teoh, C.C., Muhamad Mujaab, A.A., Abdul Karim, F., Ab Rahman, A.F.W., Jamaluddin, M.A., Johari, M.S., & Ghani, M.S. (2023). Performance evaluation of the effectiveness of the rice seed post-harvest processing technology. *Buletin Teknologi MARDI* Bil. 36: 189–200.



## **Ringkasan**

Artikel ini membincangkan pembangunan dan penilaian prestasi Sistem Kejuruteraan Lepas Tuai dan Pemprosesan Benih Padi yang merangkumi pengering kebuk condong berskala kecil, pengisih warna optik, bilik simpanan sejuk dengan sistem IoT dan sistem pensijilan kualiti benih padi berasaskan kod QR oleh Pusat Penyelidikan Kejuruteraan, MARDI. Sistem ini diguna pakai di Loji Pemprosesan Benih Padi Asas Negara, MARDI Parit, Perak. Pengering kebuk condong berskala kecil menunjukkan prestasi pengeringan yang baik di mana benih padi dikeringkan dalam masa 11.3 jam pada suhu 42 – 45 °C (anggaran kandungan lembapan (m.c.) akhir 12.2%). Pemasangan pengisih warna optik dalam sistem pemprosesan benih padi sedia ada meningkatkan keupayaan untuk menyaring dan mengasingkan kekotoran, seterusnya menghasilkan benih padi yang berkualiti. Sementara itu, bilik simpanan sejuk dengan sistem IoT membolehkan pemantauan masa nyata suhu dan kelembapan relatif. Penggunaan bilik sejuk dalam penyimpanan benih padi menunjukkan percambahan yang lebih tinggi dan kehadiran serangga perosak yang lebih rendah berbanding dengan penyimpanan di bilik ambien. Sistem pensijilan kualiti benih padi berasaskan kod QR membolehkan pengesahan sijil secara in situ. Sistem yang dibangunkan ini menunjukkan potensi untuk meningkatkan produktiviti dan kualiti benih padi asas di MARDI Parit.

## **Summary**

The article discusses the development and performance evaluation of the Paddy Seed Postharvest and Process Engineering System which comprises small-scale inclined bed dryer, optical colour sorter, IoT-integrated cold storage room and QR code-based paddy seed quality certification system by Engineering Research Centre, MARDI. The system is implemented at National Foundation Paddy Seed Processing Plant, MARDI Parit, Perak. The small-scale inclined bed dryer demonstrated good performance; dried paddy seed in 11.3 hours at temperature of 42 – 45 °C (final moisture content of approximately 12.2%). The introduction of optical colour sorter in paddy seed processing line improved the capability to screen and isolate impurities hence produced quality paddy seed. On the other hand, the IoT-integrated cold storage room allows real time monitoring of temperature and relative humidity. The application of cold room in storage of paddy seed demonstrated higher germination and lower insect existence as compared to ambient room storage. The QR code-based paddy seed quality certification system allows in situ verification of the certificate. The developed system showed potential to increase foundation paddy seed productivity and quality at MARDI Parit.

**Pengarang**

Masniza Sairi (Ts. Dr.)

Pusat Penyelidikan Kejuruteraan, Ibu Pejabat MARDI

Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor

E-mel: masniza@mardi.gov.my

Afiqah Aina Rahim, Asnawi Shahaar, Mohamad Jani Saad (Dr.), Saiful Azwan Azizan, Ishak Hashim, Wan Mohd Fariz Wan Azman, Badaruzzaman Mohamad Noh (Dr.), Zainun Mohd Shafie (Dr.), Hasmin Hakim Hasbullah, Sharifah Hafiza Mohd Ramli, Mohd Shahrir Azizan (Ts.) dan Teoh Chin Chuang (Dr.)

Pusat Penyelidikan Kejuruteraan, Ibu Pejabat MARDI, Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor

Hairazi Rahim (Dr.)

Pusat Penyelidikan Sosio Ekonomi, Risikan Pasaran dan Agribisnes

Ibu Pejabat MARDI, Persiaran MARDI-UPM

43400 Serdang, Selangor

Azzami Adam Muhammad Mujab

Pusat Pengkomersialan Teknologi dan Bisnes, MARDI Parit, Kg. Padang Kangar, 32800 Parit, Perak

Mohd Hafiz Mohd Yusoff

Pejabat Ketua Pengarah, MARDI Parit, Kg. Padang Kangar, 32800 Parit, Perak

Nuraini Ahmad Ariff Shah

Pusat Penyelidikan Kejuruteraan, MARDI Parit, Kg. Padang Kangar

32800 Parit, Perak

Amir Syariffuddeen Mhd Adnan

Pusat Penyelidikan Padi dan Beras, Ibu Pejabat MARDI.

Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor