

Mesin penanaman berbaris autonomi: Masa depan aplikasi teknologi moden dalam pengeluaran padi di Malaysia

(Autonomous row seeding machine: The future of modern technology application in rice production in Malaysia)

Mohd Khusairy Khadzir, Mohd Taufik Ahamd, Eddy Herman Sharu, Mohd Shahril Shah Mohd Ghazali, Azlan Othman, Saifulizan Mat Nor, Muhammad Azamuddin Arshad, Ku Muhammad Zahir Ku Mudzir, Yuhanawati Mat Yunus, Nuraini Ahmad Ariff Shah, Wan Mohd Syafiq Wan Harun dan Norhafizi Manor

Pengenalan

Teknologi navigasi automatik digunakan secara meluas dalam pertanian moden dan semakin menjadi aspek penting dalam kejuruteraan pertanian. Teknologi ini memudahkan operasi pertanian dan mengurangkan kebergantungan kepada buruh dan pengendali jentera. Tanaman utama di negara ini termasuk padi tidak ketinggalan dalam mengaplikasi teknologi moden ini. Antara teknologi navigasi tanpa pengendali yang diperkenalkan untuk tanaman padi adalah penabur benih berbaris autonomi atau *autonomous row seeding machine*. Teknologi ini dilengkapi dengan fungsi pengesanan halangan, penjanaan peta lapangan dan laluan penanaman. Dengan menggunakan teknologi tanpa pengendali (autonomi), penanaman padi akan menjadi lebih seragam dengan baris yang lebih lurus.

Objektif kajian ini adalah untuk menguji keberkesanan teknologi navigasi automatik yang dipasang pada jentanam padi jenis PZ60. Teknologi ini dilengkapi dengan sistem navigasi *Real Time Kinematic - Global Navigation Satellite System* (RTK-GNSS) dan penabur benih berbaris dengan enam tangki berkapasiti 30 L. Sistem navigasi automatik mengintegrasikan teknologi *Global Navigation Satellite System* (GNSS) di mana jentanam dapat mengesan laluan yang telah ditetapkan dan menjalankan operasi penaburan benih secara automatik tanpa pemandu. Teknologi GNSS mempunyai aplikasi yang luas seperti ketepatan pengairan, baja dan robot ladang navigasi automatik. Stereng, transmisi dan sistem kawalan penabur benih padi telah diubah suai daripada sistem konvensional kepada sistem kawalan elektronik. Pelaksanaan navigasi automatik GNSS pada jentera penabur benih padi boleh mengurangkan intensiti dan keletihan pengendali jentera, menjimatkan masa operasi dan kondusif untuk peningkatan produktiviti dan hasil padi.

Mekanisme jentanam autonomi

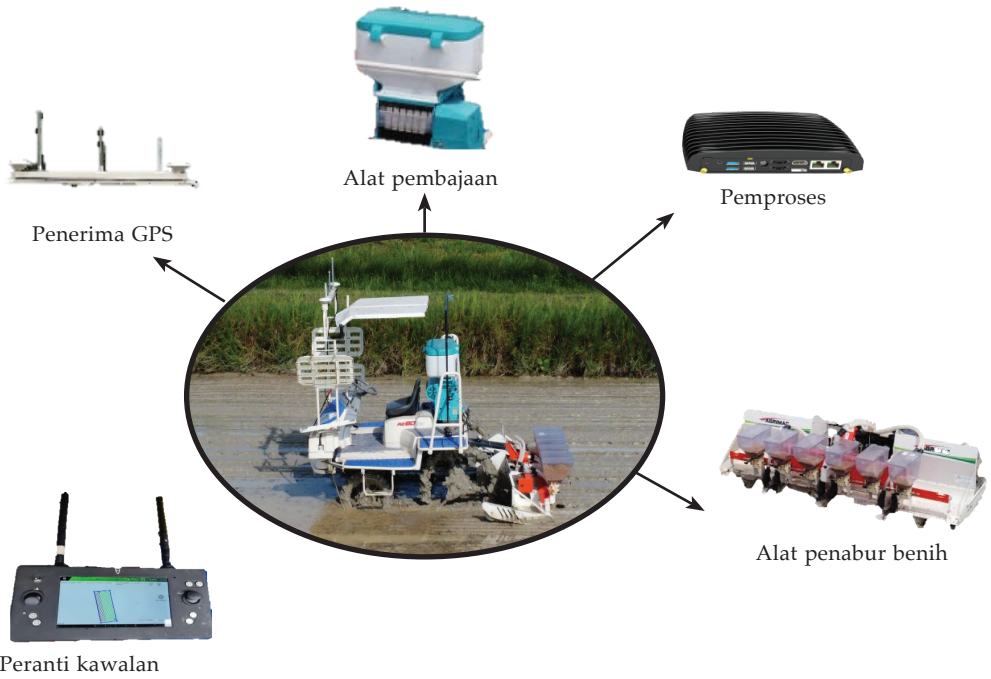
Mod pemanduan manual jentanam diubah suai daripada mekanikal kepada mod kawalan elektronik untuk mencapai kawalan navigasi automatik mekanikal. Jentanam model PZ60 dilengkapi dengan sistem navigasi tanpa pemandu digunakan dalam kajian ini. Jentanam ini mempunyai keupayaan transmisi pacuan empat roda, enam baris penabur benih, berkuasa enjin 8.3 kilowatt, ketinggian dari tanah (*ground clearance*) 300 mm dan kelajuan maksimum 1.6 m/s. Untuk aktiviti navigasi automatik pada jentanam padi ini, sistem pengendalian peralihan tanpa *Hydrostatic Transmission* (HST) dipasang pada jentanam PZ60 seperti dalam *Gambar rajah 1*.

Kaedah kerja bagi jentanam ini adalah jentanam terlebih dahulu membuat pemetaan sempadan sawah (*boundry*) menggunakan sistem *Global Positioning System* (GPS) sambil dipandu oleh pengendali mengelilingi perimeter sawah. Fungsi pemetaan sempadan adalah untuk merekod saiz dan membentuk perimeter plot sawah dengan tepat. Peranti kawalan akan mengekstrak maklumat yang diperoleh melalui GPS dan menjana laluan penanaman. Perisian peranti kemudiannya akan mengukur dan menetapkan bilangan laluan jentanam bagi menanam anak benih padi secara automatik berdasarkan peta (*boundry*). Komputer tablet kalis habuk dan kalis air bersaiz 10.1 inci memaparkan maklumat tentang keadaan pengendalian dan laluan jentera dengan ikon dan ilustrasi yang mudah difahami. RTK-GNSS menghantar maklumat kedudukan data yang tepat daripada titik yang diketahui (titik rujukan) kepada jentanam melalui peranti kawalan jauh dan memberikan kedudukan semasa jentanam. *Global Navigation Satellite System* (GLONASS) dan *Global Positioning System* (GPS) ialah nama umum untuk sistem penentududukan global (*Gambar rajah 2*).

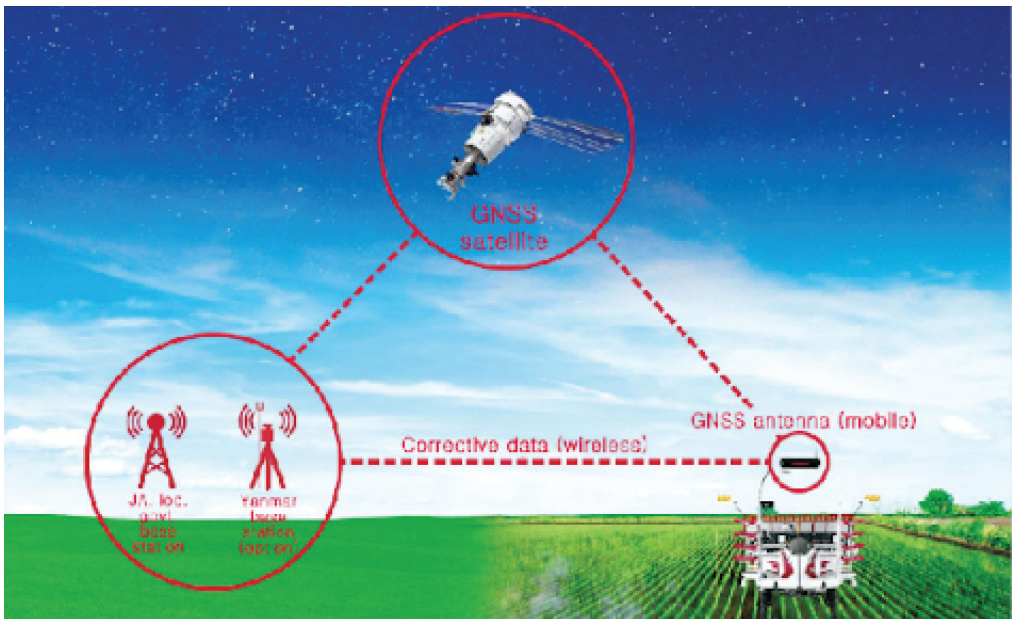
Penanaman padi menggunakan jentanam konvensional biasanya dilakukan oleh dua orang pekerja yang mana seorang pengendali jentanam dan seorang pembantu untuk meletakkan anak benih di atas jentanam. Manakala bagi jentanam autonomi yang dilengkapi dengan penabur benih berbaris, hanya seorang pekerja diperlukan bagi mengendalikan jentanam. Ini kerana pengendali hanya perlu memantau dari luar ladang melalui alat kawalan jauh di mana benih dan baja telah diisi terlebih dahulu mengikut kadar keluasan tanaman. Tugas pengendali pada mesin penabur benih autonomi hanyalah memandu mesin plot kajian.

Pengujian prestasi mesin

Jadual 1, 2 dan 3 menunjukkan perbandingan kecekapan, kapasiti kerja dan pertumbuhan pokok bagi mesin yang diuji. Kecekapan menggunakan mesin PBA (*Gambar 1*) adalah lebih baik dengan peningkatan kecekapan kerja sebanyak 17%. Manakala bagi kadar kapasiti kerja, PBA dapat menjalankan kerja lebih baik berbanding dengan JK kerana terdapat peningkatan kapasiti kerja ladang



Gambar rajah 1. Jentanam dilengkapi sistem autonomi



Gambar rajah 2. Gabungan base station dan telemetri sistem boleh mendapatkan data kedudukan GNSS yang lebih tepat (Sumber Yanmar Holdings Co.,Ltd.)

Jadual 1. Perbandingan kadar kerja mesin Penabur Benih Autonomi (PBA) berbanding dengan mesin jentanam konvensional (JK)

Operasi	Masa (jam)	Luas (ha)	Kadar kerja ladang (ha/jam)	Kecekapan (%)	Kapasiti kerja (jam/ha)
PBA	1.9	0.73	0.38	49	2.60
JK	2.12	0.53	0.25	32	4.0

Jadual 2. Perbandingan kapasiti kerja PBA dan JK serta peratus peningkatan kapasiti kerja

Operasi	Kapasiti kerja (ha/jam)	Peningkatan kapasiti (%)
PBA	2.60	35%
JK	4.00	

Jadual 3. Kadar pertumbuhan pokok kesan penggunaan mesin

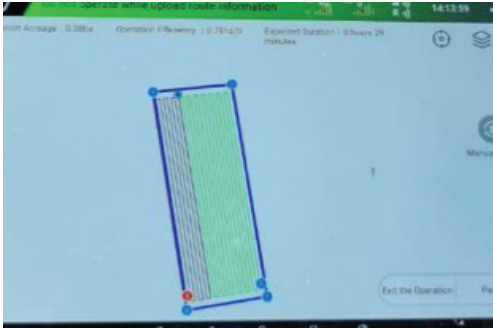
Plot	Bil. perdu/m ²	Bil. pokok/perdu	Jarak antara pokok (cm)	Jarak antara baris (cm)
PBA	19.44	15	15	30
JK	16.25	7.5	20	30



Gambar 1. Penaburan benih menggunakan Penabur Benih Autonomi

sebanyak 35%. PBA dan JK sesuai digunakan bagi penanaman padi kerana tidak terdapat perbezaan bererti pada pertumbuhan pokok antara mesin PBA dan JK.

Hasil penanaman padi menggunakan PBA menunjukkan tanaman yang lebih lurus berbanding dengan JK. Tanaman yang lebih lurus dapat memudahkan proses aplikasi baja dan merumpai, kerana barisan tanaman lebih teratur dan mudah dilalui. Ini juga akan memudahkan aktiviti pembajaan untuk penaburan baja yang lebih sekata.



Gambar 2. Peta kerja yang dibangun oleh perisian dalam peranti kawalan



Gambar 3. Penaburan benih yang dijalankan oleh (PBA) menunjukkan terdapat 4 – 5 benih dalam satu tompok



(a)



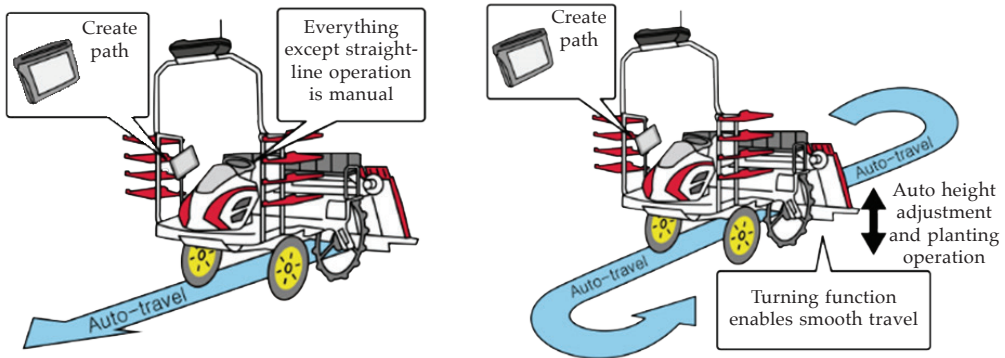
(b)

Gambar 4. (a) Pertumbuhan pokok yang seragam dan dalam baris yang lurus (PBA) dan (b) Pertumbuhan pokok yang tidak dalam keadaan lurus (JK)

Kelebihan penggunaan teknologi jentanam autonomi

Terdapat dua proses dalam pengendalian jentanam autonomi iaitu penanaman pergi dan balik dan penanaman perimeter luar. Penanaman pergi balik diulang dengan cara yang meninggalkan ruang untuk penanaman perimeter luar dan kemudiannya dilakukan untuk menyelesaikan tugas. Apabila penaburan benih dijalankan dengan menggunakan jentera konvensional, kemungkinan anak benih ditanam bertindih antara satu sama lain adalah lebih tinggi, atau ruang tambahan mungkin ditinggalkan menyebabkan penanaman tidak seragam dan tidak menarik secara visual. Adakalanya jentera perlu berpatah balik dan membuat laluan dua kali yang boleh merosakkan ladang dan mengganggu proses penanaman. Manakala mesin penabur benih berbaris autonomi menjana laluan dengan kaedah yang berbeza daripada jentera konvensional. Jentera penabur benih berbaris autonomi melaraskan jarak di antara baris supaya tidak ada lebih ruang, malah ia juga berupaya mengambil kira kadar benih yang ditabur dengan ideal dan laluan jentera masuk dan keluar.

Jentera penabur benih autonomi melaraskan jarak di antara baris supaya tiada ruang yang tidak diperlukan dan mewujudkan laluan yang membolehkan penaburan benih dua hala. Kaedah ini akan meminimumkan kerosakan dan penindihan benih di lapangan. Penggunaan PBA menghasilkan baris tanaman yang lebih lurus dan seragam berbanding dengan JK. Kapasiti kerja penggunaan PBA ialah 2.6 jam/ha dan kos pekerja dapat dikurangkan sebanyak 50% (satu orang/ha). Kedudukan pokok yang seragam dan lurus memudahkan pengurusan pengawalan rumpai. Peralatan mesin menabur benih mudah dibuka dan dipasang.



Gambar rajah 3. Fungsi jentanam berbaris autonomi (Sumber Yanmar Holdings Co.,Ltd.)

Kesimpulan

Mesin penabur benih berbaris padi autonomi menawarkan beberapa kelebihan berbanding dengan kaedah konvensional. Antara faedah utama termasuk peningkatan kecekapan di mana mesin PBA boleh menanam anak benih padi pada kadar yang lebih cepat berbanding dengan buruh manusia serta dapat menjimatkan masa dan meningkatkan kecekapan dalam proses penaburan benih. Mesin penabur benih berbaris padi autonomi dapat memastikan penempatan dan jarak benih yang tepat bagi memastikan pertumbuhan tanaman yang lebih seragam dan hasil yang lebih tinggi. Dengan penabur benih berbaris padi autonomi, keperluan tenaga kerja buruh dapat dikurangkan di mana ia dapat mengurangkan kos buruh untuk petani. Penaburan benih boleh menjadi kerja yang mencabar secara fizikal, walau bagaimanapun dengan penggunaan penabur benih berbaris padi autonomi, ia dapat mengurangkan tekanan fizikal kepada pekerja yang membawa kepada risiko kecederaan yang lebih rendah dan persekitaran kerja yang lebih baik. Mesin penabur benih berbaris padi autonomi dilengkapi dengan penderia dan keupayaan pengumpulan data yang boleh membantu petani mengoptimumkan amalan pembenihan dan meningkatkan pertumbuhan tanaman dari semasa ke semasa. Secara keseluruhannya, mesin penabur benih berbaris padi autonomi menawarkan pelbagai faedah yang boleh meningkatkan kecekapan

penaburan benih, mengurangkan kos, menggalakkan pertumbuhan padi dan hasil tanaman yang lebih baik serta memperbaiki kualiti kerja petani.

Penghargaan

Kami ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada pihak pengurusan MARDI Seberang Perai dan MARDI. Tidak dilupakan juga, rakan-rakan ahli projek dari Pusat Penyelidikan Kejuruteraan (ER), Pusat Penyelidikan Padi dan Beras (PR) serta Pusat Penyelidikan Sosio Ekonomi, Risikan Pasaran dan Agribisnes (ES). Kami juga ingin mengucapkan terima kasih buat kakitangan MARDI Seberang Perai dan MARDI Parit atas kerjasama, sokongan dan bantuan dalam menjayakan kajian ini.

Bibliografi

- ASAE EP542 Feb (1999). Procedures for using and reporting data obtained with the soil cone penetrometer. American Society of Agricultural and Biological Engineers
- Ayob, A. H., Abu Hasan D., & Mohamad Fakhru Zaman, O. (2009). Precision farming – Variable seeding rates for mechanised direct seeded rice. *Proceedings of National Conference of Agricultural and Food Mechanization (NCAFM 2009)*. m.s. 271–273.
- Mohamad Fakhru Zaman, O., Ayob, A. H., Shahril Shah, M. G., & Jafni, J. J. (2010). A method to increase the yield of rice through a better land levelling on paddy field. *Proceedings of National Rice Conference 2010*. m.s. 431–433.
- Y. Nagasaka et al., (2009). An Autonomous Rice Transplanter Guided by GPS and IMU, *Journal of field robotics*, Vol. 26, no. 6, m.s. 537–548.
- Yanmar Co., Ltd.: <https://www.yanmar.com/global/about>

Ringkasan

Autonomomous Rice-Row Seeder adalah mesin inovatif yang mampu melakukan penaburan benih berbaris secara autonomi tanpa memerlukan pemandu. Teknologi ini, dikenali sebagai penabur benih berbaris tanpa pemandu yang merupakan langkah signifikan dalam mengembangkan pertanian pintar. Kajian yang dilakukan bertujuan untuk mengintegrasikan operasi penaburan benih dengan pembajaan serentak menggunakan baja pelepasan perlahan melalui sistem pengendalian autonomi. Objektif utama kajian ini adalah untuk mendapatkan kaedah operasi penaburan benih dan pembajaan dengan lebih tepat dan efisien melalui penerapan teknologi autonomi. Jentera autonomi ini diuji bagi penyesuaian proses penaburan benih berbaris, meningkatkan ketepatan dan kecekapan. Selain itu, kajian ini ditambah baik dengan penggunaan baja pelepasan perlahan untuk menyediakan nutrien secara berperingkat kepada tanaman. Dengan adaptasi teknologi ini, peningkatan hasil dapat ditingkatkan dengan cara yang lebih efisien, pengurangan kebergantungan pada tenaga manusia dan meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan lebih optimal. *Autonomous Rice-Row Seeder* membuka potensi untuk revolusi dalam praktik pertanian, membawa keuntungan bagi petani melalui peningkatan produktiviti dan efisiensi dalam penanaman benih berbaris.

Summary

Autonomous Rice-Row Seeder is an innovative machine capable of sowing seeds in rows automatically without requiring the presence of a driver. This technology, known as unmanned row seeders, is a significant step in developing smart agriculture. The study aimed at integrating seed sowing operations with simultaneous fertilization, using slow-release fertilizers, through an autonomous operating system. The main objective of this study is to find a way to carry out seed sowing and fertilization operations more accurately and efficiently through the application of autonomous technology. This machine is designed to automatically adjust the row seed sowing process, increasing accuracy and effectiveness. In addition, the study also covers the use of slow-release fertilizers to provide nutrients gradually to plants. With the adoption of this technology, the hope is to be able to increase agricultural yields in a more efficient way, reduce dependence on human power, and provide plant nutrition more optimally. Autonomous Rice-Row Seeder opens the potential for a revolution in agricultural practices, bringing benefits to farmers through increased productivity and efficiency in row seed planting.

Pengarang

Ts. Mohd Khusairy Khadzir
Pusat Penyelidikan Kejuruteraan, MARDI Seberang Perai
Jalan Paya Keladi, 13200 Kepala Batas, Pulau Pinang
E-mel: mkhusairy@mardi.gov.my

Saifulizan Mat Nor, Muhammad Azamuddin Arshad, Yuhanawati Mat Yunus,
Mohd Shahril Shah Mohd Ghazali, Ku Muhammad Zahir Ku Mudzir dan Azlan
Othman

Pusat Penyelidikan Kejuruteraan, MARDI Seberang Perai
Jalan Paya Keladi, 13200 Kepala Batas, Pulau Pinang

Eddy Herman Sharu dan Mohd Taufik Ahmad
Pusat Penyelidikan Kejuruteraan, MARDI Serdang
43400, Serdang Selangor

Nuraini Ahmad Ariff Shah dan Wan Mohd Syafiq Wan Harun
Pusat Penyelidikan Kejuruteraan, MARDI Parit
32800, Parit, Perak