

Teknologi kadar boleh ubah (VRT) pertanian tepat bagi penanaman padi

(Variable rate technology (VRT) of rice precision farming)

Mohd Shahril Shah Mohamad Ghazali, Mohamad Aufa Mhd. Bookeri, Muhammad Naim Fadzli Abd. Rani, Badril Abu Bakar, Mohd Syaifudin Abd. Rahman, Mohd Nadzim Nordin, Teoh Chin Chuang, Mohd Shahmihaizan Mat Jusoh, Mohd Taufik Ahmad, Mohd Khusairy Khadzir, Mohamed Fauzi Md. Isa, Mohamad Haniff Ahmad, Mohamad Fakhrul Zaman Omar, Eddy Herman Sharu, Mohd Fitri Masarudin, Siti Norsuha Misman, Norlida Mohamed Hamim, Hairazi Abdul Rahim dan Chong Tet Vun

Pengenalan

Kelestarian dalam meningkatkan pengeluaran padi di Malaysia telah menjadi satu cabaran besar kepada semua pihak dalam industri ini. Pelbagai usaha masih dilaksanakan termasuk memperkenalkan pelbagai dasar, polisi, subsidi pertanian, pilihan varieti padi yang lebih baik dan jentera serta teknologi baharu bagi meningkatkan impak yang positif. Namun begitu, ketidaktentuan hasil pengeluaran padi semakin membimbangkan dengan cabaran kenaikan kos pengeluaran, kekurangan tenaga kerja, serangan penyakit serta perosak dan juga perubahan iklim mendadak yang dihadapi petani dalam industri padi.

Penggunaan teknologi terkini dijangka dapat meningkatkan pengurusan ladang yang lebih cekap dan efisien serta membantu meningkatkan tahap mekanisasi dan hasil dengan mengambil kira faktor yang terlibat seperti peningkatan kos dan input tanaman. Seseengah teknologi dihasilkan mengikut kesesuaian keadaan dan sasaran yang ditetapkan. Teknologi VRT Pertanian Tepat Padi MARDI telah dibangunkan bagi menyasarkan penanaman padi secara pengurusan estet. Kawasan PPK F-IV MADA, Sungai Limau Dalam, Yan Kedah dan FELCRA Seberang Perak telah dipilih bagi menguji kebolehpayaan teknologi ini.

Implementasi teknologi kadar boleh ubah (VRT) diharapkan dapat menjimatkan masa, kos buruh dan input tanaman seterusnya memberikan impak kepada peningkatan hasil tanaman padi. Permukaan tanah yang rata dan kadar benih yang betul akan menghasilkan penapakan tanaman yang seragam pada peringkat awal. Seterusnya, penjagaan tanaman diuruskan melalui pengurusan nutrien yang teratur dan baik bermula dari peringkat vegetasi sehingga ke peringkat pengisian tangkai bagi mendapatkan hasil yang optimum pada peringkat penuaian. Aplikasi teknologi pembajaan secara kadar boleh ubah (VRT) mengambil kira keperluan tanaman berdasarkan parameter kanopi tanaman (saiz dan populasi) dan kehijauan tanaman (warna daun atau kandungan klorofil pada daun). Ia juga diharap dapat mengurangkan kesan pencemaran air daripada penggunaan input yang berlebihan. Penerapan teknologi ini dalam penanaman

padi perlu diukur secara empirikal untuk mengelakkan akibat negatif apabila diaplikasikan secara praktikal oleh para petani. Kepentingan pemegang taruh industri padi harus diutamakan agar teknologi yang diperkenalkan bermanfaat bagi seluruh rantaian industri ini.

Sistem perataan tanah menggunakan sistem GNSS dan penaburan benih secara kadar boleh ubah

Menguruskan kebolehubahan dalam perataan tanah adalah langkah penting untuk mencapai penapakan tanaman yang seragam dan pertumbuhan tanaman yang baik. Hal ini juga mampu mengurangkan kehilangan hasil melalui pengurusan air yang baik, pengurusan input tanaman yang betul dan penggunaan mesin yang sesuai. Amalan petani yang dipraktikkan dalam menentukan tahap kerataan tanah di sawah adalah melalui penglihatan mata kasar tanpa alat pengukur yang spesifik dan langkah lain adalah melalui kaedah konvensional dengan memetakan plot menggunakan pengukur laser dan diplot dengan ketepatan 10 m x 10 m. Namun begitu, kaedah-kaedah tersebut masih belum dapat menggambarkan tahap kerataan tanah yang sebenar. Teknologi kadar boleh ubah (VRT) penaburan benih dengan memanipulasi data indeks kerataan tanah telah diperkenalkan oleh MARDI. Data dikumpulkan dengan menggunakan sistem penerima GNSS yang dipasang pada alat implemen traktor semasa penyediaan tanah peringkat akhir (bajak akhir/pelincinan tanah). Kaedah ini menentukan status kerataan tanah berdasarkan persamaan berikut:

$$\text{Kerataan Tanah, } LI_x = \frac{\sum \text{Bil. titik grid berada dalam } \pm x \text{ cm dari purata}}{\text{Jumlah bilangan titik grid}} \quad (1)$$

Di mana nilai 'x' adalah had limit aras kerataan yang diterima. Kebiasaannya had yang digunakan ialah 2.5 cm. Sistem ini mempunyai julat kesalahan sebanyak ± 2.0 cm. Komponen sistem ini terdiri daripada modul pemprosesan (FmX[®], Trimble Inc.) dan penerima sistem satelit navigasi global (GNSS) (AgGPS 542, Trimble Inc.). Indeks tahap kerataan tanah diukur semasa proses akhir penyediaan tanah, di mana penerima GNSS dipasang pada papan perata sisir kuasa (*power harrow*). Semasa traktor bergerak merentasi plot, papan perata akan mengikut profil permukaan tanah. Titik data pembetulan kedudukan GNSS dilakukan dengan mendapatkan isyarat pembetulan dari stesen pangkalan kinematik (RTK) sebenar yang terletak pada kedudukan yang telah ditetapkan. Penggunaan sistem ini bertujuan untuk mendapatkan pengukuran yang tepat bagi nilai paksi mendatar dan menegak. Sistem ini boleh dilihat seperti dalam *Gambar 1*.



Gambar 1. (a) Penderia ketinggian tanah dipasang pada implemen dan traktor (b) Stesen pangkalan kinematik (RTK)

Data yang diperoleh akan diproses bagi menentukan indeks kerataan tanah. Indeks kerataan tanah ialah satu ukuran kerataan permukaan tanah di dalam sawah. Ia didefinisikan sebagai purata variasi berangka dalam unit sentimeter antara tahap kerataan yang dicadangkan dengan tahap kerataan purata lapangan sedia ada pada waktu sebelum atau selepas kerja perataan dilaksanakan. Indeks ini digunakan bagi menghasilkan peta rawatan penaburan benih secara kadar boleh ubah dengan menggunakan *Quantum Geographic Information System* (QGIS). Peta rawatan yang terhasil dibahagikan kepada tiga kawasan utama topografi tanah iaitu "Rata" ± 2.5 cm ($x < \pm 2.5$) cm, "Tinggi" 2.5 cm hingga 5.0 cm ($2.5 < x < 5.0$) cm dan "Rendah" -5.0 cm hingga -2.5 cm ($-5.0 < x < -2.5$) cm. Indeks kerataan tanah yang digunakan dalam kaedah ini diterbitkan dan dijelaskan oleh Agarwal dan Goel (1981). Dalam kaedah ini, kebarangkalian bahawa suatu titik data dalam plot yang terletak di luar indeks kerataan yang dikehendaki dikira. Ia ditakrifkan seperti berikut;

$$P(A_k) = P\left(\frac{L_k - \bar{y}}{s}\right) \quad (2)$$

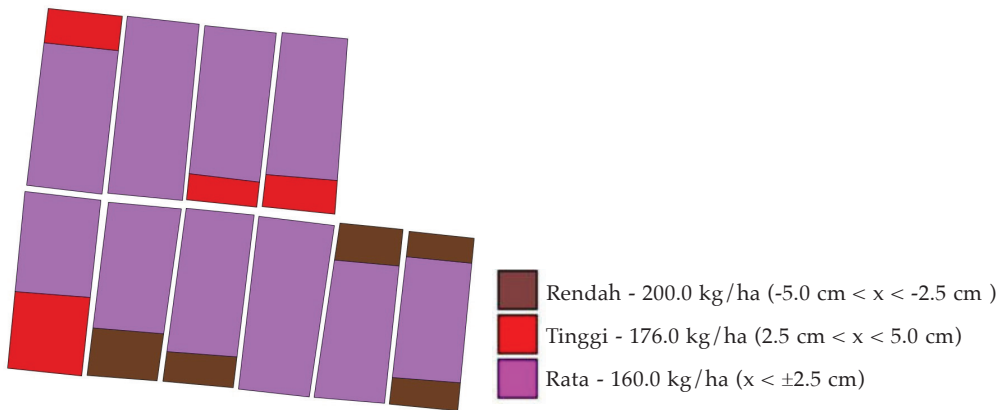
Dalam Persamaan 2, A_k ialah skor-A bagi indeks kerataan k , L_k ialah nilai yang sepadan dengan indeks kerataan k , di mana \bar{y} dan s menunjukkan min dan sisihan piawai bagi titik data sampel dalam plot. Persamaan di atas membolehkan keputusan dibuat sama ada untuk menghasilkan peta rawatan sekata atau kadar berubah-ubah (VRT). Peta taburan benih sekata dihasilkan jika $P(A_k) = 0$ sebaliknya, peta rawatan taburan benih VRT pula akan dijanakan. Untuk menghasilkan peta rawatan VRT, setiap titik data dalam plot kemudiannya ditukar kepada titik "Tinggi", "Rendah" dan "Rata" berdasarkan peraturan berikut:

$$\text{if } y_i - \bar{y} > L_k \text{ then } y_i \in \text{High} \quad (3)$$

$$\text{if } y_i - \bar{y} < -L_k \text{ then } y_i \in \text{Low} \quad (4)$$

$$\text{if } -L_k \leq y_i - \bar{y} \leq L_k \text{ then } y_i \in \text{Even} \quad (5)$$

Penaburan benih secara kadar boleh ubah dapat menguruskan kebolehubahan tahap kerataan tanah bagi mendapatkan kadar penapakan tanaman yang seragam pada 15 hari selepas tabur (HLT). Keseragaman penapakan tanaman akan membantu pengambilan nutrien tanaman dengan lebih baik pada peringkat pertumbuhan yang berbeza dan mengoptimumkan penggunaan baja dan seterusnya meningkatkan hasil.



Gambar rajah 2. Peta rawatan penaburan benih secara kadar boleh ubah

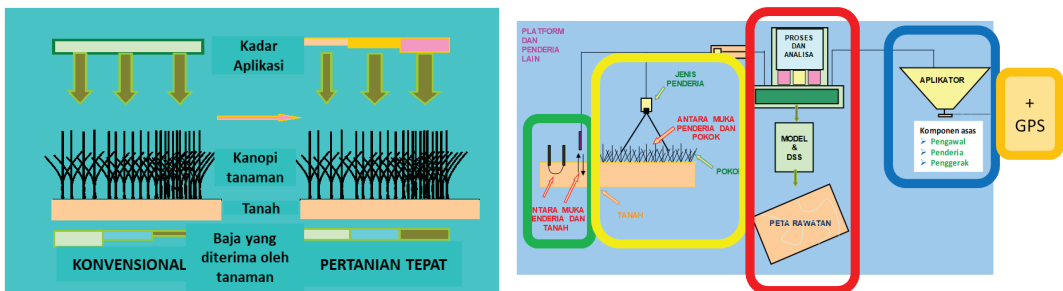
Pembajaan secara kadar boleh ubah (VRT Fertilizer)

Pengurusan nutrien yang lemah dan tidak teratur boleh memberikan impak negatif kepada tanaman seterusnya berlaku pengurangan hasil padi. Teknologi pembajaan secara kadar boleh ubah (VRT) ini telah dibangunkan sebagai satu pendekatan baharu dalam pengurusan nutrien pada penanaman padi. Ia memudahkan pengurusan kebolehubahan tanaman dengan falsafah “memberikan jumlah baja yang betul, pada masa yang tepat, di lokasi yang betul” mengikut keperluan nutrien tanaman.

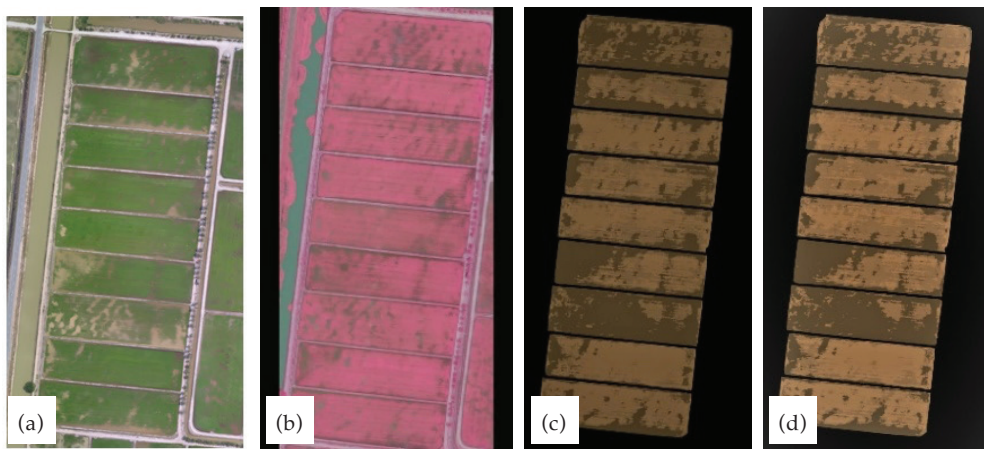
Teknologi pembajaan secara kadar boleh ubah ini terdiri daripada beberapa komponen yang mana ia merangkumi pemerolehan data, pemprosesan data dan aplikasi lapangan.

Keadaan tanaman ditentukan melalui pemprosesan data lapangan masa (*temporal*) dan ruang (*spatial*) pertumbuhan tanaman yang diperolehi. Model indeks kawasan hijau [*green area index* (GAI)] digunakan untuk menghitung sisihan kandungan nitrogen (N) pada tanaman dengan kandungan N pada tanaman rujukan (*reference crop*). Jumlah keseluruhan N yang diperlukan

akan dibahagikan kepada empat peringkat pembajaan. Parameter tanaman diambil sebelum aktiviti pembajaan dilaksanakan bagi setiap peringkat pembajaan. Data yang terlibat ialah imej udara (*aerial image*) *normalized difference vegetation index* (NDVI) menggunakan pesawat tanpa pemandu (UAV) dan data lapangan seperti kanopi tanaman (saiz kanopi dan populasi) dan warna kanopi atau kandungan klorofil tanaman menggunakan *Soil Plant Analysis Development* (SPAD) klorofil meter. Korelasi imej udara yang diperolehi dengan data lapangan yang diambil akan menghasilkan peta SPAD (kandungan N) dan peta populasi (kanopi).

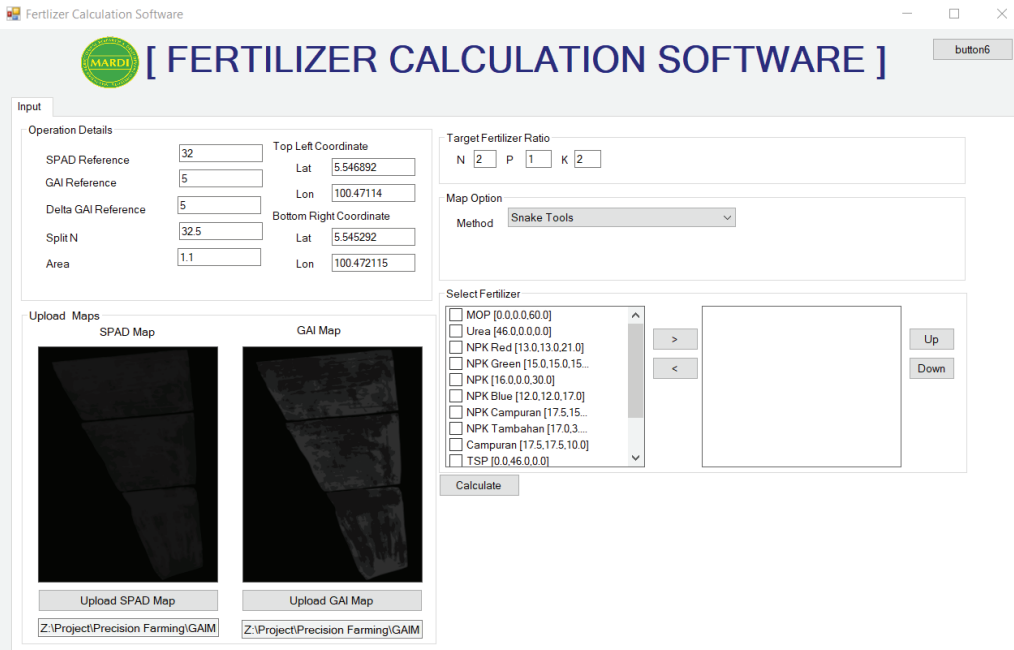


Gambar rajah 2. Perbezaan pengurusan nutrien secara konvensional dan teknologi VRT pertanian tepat padi dan rantaian komponen pelaksanaannya



Gambar 2. (a) Keadaan plot (b) Imej NDVI (c) Peta SPAD (d) Peta populasi

Peta SPAD dan peta populasi yang telah dijana akan diproses dalam perisian pengiraan baja yang telah dibangunkan bagi menghasilkan peta rawatan pembajaan secara kadar boleh ubah. Setiap warna dalam peta rawatan ini mengandungi maklumat koordinat lokasi, sasaran kadar baja dan jumlah baja yang akan digunakan pada kawasan yang telah disasarkan.



Gambar 3. Perisian pengiraan baja



Gambar 4. Peta rawatan pembajaan dengan kadar boleh ubah bagi 30, 45, 65 hari selepas tabur (HLT)

Peta rawatan ini akan dimuat naik ke dalam sistem pembajaan automatik yang digunakan. Sistem tersebut dipasang pada traktor berkelekaan tinggi yang dipasang dengan alat implemen penabur cakera berputar. Baja akan ditabur berdasarkan lokasi dan jumlah baja yang telah ditentukan dalam peta rawatan tersebut.



Gambar 5. Penaburan baja menggunakan peta rawatan

Pelaksanaan teknologi ini di ladang berskala besar akan memudahkan dan membantu untuk meningkatkan kecekapan pengurusan tanaman seterusnya mencapai hasil yang disasarkan.

Kelebihan teknologi

Teknologi kadar boleh ubah (VRT) pertanian tepat padi yang telah dibangunkan ini mempunyai kelebihan berbanding dengan kaedah konvensional dari segi penjimatan kos buruh dan input serta hasil kerja yang dibuat. Permukaan tanah yang rata dan kadar benih yang betul akan menghasilkan penapakan tanaman yang seragam dan baik pada peringkat awal. Penjagaan tanaman juga dapat diuruskan dengan lebih baik melalui pengurusan nutrien mengikut keperluan tanaman bermula dari peringkat vegetasi

sehingga ke peringkat pengisian tangkai bagi mendapatkan hasil yang optimum pada peringkat penuaian. Ia dapat mengurangkan penggunaan buruh sebanyak 50% berbanding dengan kaedah konvensional dan input tanaman juga dapat dikurangkan antara 15 – 25% berbanding dengan teknologi penanaman padi lestari. Seterusnya ia mampu memberikan impak kepada peningkatan hasil tanaman padi.

Kesimpulan

Dua teknologi kadar boleh ubah (VRT) pertanian tepat bagi penanaman padi telah dibangunkan bagi aktiviti penyediaan tanah sehingga penjagaan tanaman. Teknologi perataan tanah menggunakan sistem GNSS dan penaburan benih secara kadar boleh ubah menggunakan GPS bagi mengambil data indeks kerataan tanah seterusnya menghasilkan peta rawatan bagi penaburan benih secara kadar boleh ubah. Teknologi pembajaan secara kadar boleh ubah pula menggunakan data imej udara yang dikorelasikan dengan data tanaman di lapangan bagi menghasilkan peta rawatan pembajaan secara kadar boleh ubah mengikut keperluan pokok dengan falsafah “guna kadar input yang betul, pada masa yang tepat, di lokasi yang betul”. Kajian yang dijalankan menunjukkan potensi dan kebolehpayaan teknologi yang baik.

Penghargaan

Kami ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada pihak pengurusan MARDI, MADA, PPK MADA F-IV, FELCRA Seberang Perak atas kerjasama, sokongan dan bantuan dalam menjayakan kajian ini.

Bibliografi

- Abdul Hamid, A., Daud, A.H. dan Omar, M.F.Z. (2009). Precision Farming - Variable Seeding Rates For Mechanized Direct Seeded Rice. In MARDI (Ed.), *National Conference On Agricultural and Food Mechanization 2009 (NCAFM 2009)*. m.s. 271 – 273
- Abdullah, M.Z.K, Ismail, R., Ahmad, T. dan Abu Bakar, B. (2018). Teknik pantas penentuan indeks perataan tanah untuk pengeluaran padi. In P. P. dan P. M. JK Pengarang (Ed.), *Buletin Teknologi MARDI Bil. 13*: 21 – 25
- Abu Bakar, B., Ahmad, M.T., Ghazali, M.S.S. et al. Leveling-index based variable rate seeding technique for paddy. *Precision Agric* 21, 729 – 736 (2020). Diperoleh dari <https://doi.org/10.1007/s11119-019-09692-4>
- Agarwal, M.C. dan Goel, A.C. (1981a). Effect of field levelling quality on irrigation efficiency and crop yield. *Agricultural Water Management* 4(4): 457 – 464. Diperoleh dari [https://doi.org/10.1016/0378-3774\(81\)90033-0](https://doi.org/10.1016/0378-3774(81)90033-0)
- Chan, C.W. dan Rukunuddin, I.H. (2010). Precision Farming Technology For Large Scale Rice Production. *Proceedings of National Rice Conference 2010*. Serdang: MARDI

- Mhd. Bookeri, M.A., Mohamad Ghazali, M.S.S., Abdul Rani, M. N.F., Khadzir, M.K., Md. Isa, M.F., Abu Bakar, B.H. dan Abdul Rahman, M.S. (2017). Kecekapan Penabur Cakera Berputar Bagi Penaburan Benih Padi. *Persidangan Padi Kebangsaan (PADI)* (m.s. 417 – 422). MARDI
- M.N.F. Abd Rani, N.S. Samsuri, M.A. Mhd. Bookeri, M.N. Mohd Yusof, M.S.S. Mohamad Ghazali, M.S. Abdul Rahman, B.H. Abu Bakar, S. Mohd Yusob, A.A. Muhamad Mujab, S. Hashim, A.A. Ismail, M.S. Jamal, E. Sunian Sulaiman dan A. Ramli (2020). Soil Nutrient and Texture Mapping Using GIS for Rice Precision Farming. *ASM Science Journal*, 13(Special Issue 4), 99 – 105. Diperoleh dari <https://www.akademisains.gov.my/asmsj/article/soil-nutrient-and-texture-mapping-using-gis-for-rice-precision-farming/>
- Mohd Syaifudin, A.R., Mohd Shahril Shah, M.G., Teoh, C.C., Mohamad Afa, M.B., Mohd Nadzim, N., Fakhrul Radzi, F.Z., Mohamad Najib, M.Y., Fairol Zamzuri, C.S., Abu Hassan, D. dan Mohd Haffiez, A.S. (2016). Variable rate application of fertilizer in rice precision farming. *International Conference on Agricultural and Food Engineering (Cafei2016)*, m.s. 277 – 281
- M.S.S., Mohamad Ghazali, M.A., Mhd. Bookeri, M.S., Abdul Rahman, B., Abu Bakar, M.T., Ahmad, M.K., Khadzir, M.F., Md. Isa, M.H., Ahmad, M.F.Z., Omar, M.N.F., Abd. Rani, M.F., Masarudin, S.N., M. (2019). Utilization Of Land Levelling Index Data For Variable Rate Seeding. *International Journal of Agricultural, Forestry & Plantation*, 8, 116 – 119. Diperoleh dari http://ijafp.com/wp-content/uploads/2019/09/KLIAFP8_067-1.pdf
- Omar, M.F.Z., Abdul Hamid, A., Mohamad Ghazali, M.S.S. dan Johari Jiken, J. (2010). A Method To Increase The Yield Of Rice Through A Better Land Levelling On Paddy Field. *Proceedings of National Rice Conference 2010*. Serdang: MARDI
- Sawyer, J.E. (1994). Concepts of variable rate technology with considerations for fertilizer application. *Journal of Production Agriculture* 7(2): 195 – 201. Diperoleh dari <https://doi.org/10.2134/jpa1994.0195>

Ringkasan

Pengurusan kebolehubahan amat penting dalam bidang pertanian tepat. Ia bermula daripada aktiviti penyediaan tanah sawah, penaburan benih, penjagaan tanaman sehinggalah penuaian. Aktiviti penyediaan tanah, penaburan benih dan penjagaan tanaman amat kritikal kerana mempengaruhi hasil pengeluaran. Oleh itu, MARDI telah membangunkan beberapa teknologi bagi menguruskan kebolehubahan bagi aktiviti tersebut. Teknologi perataan tanah menggunakan sistem GNSS akan mengumpul data kerataan tanah di dalam plot sawah, seterusnya peta rawatan penaburan benih secara kadar boleh ubah akan dihasilkan dan digunakan bagi mendapatkan penapakan tanaman yang seragam dan baik. Setelah itu, pengambilan data melalui pengimejan udara dan data lapangan masa sebenar dilakukan berdasarkan parameter kanopi, saiz pucuk, populasi tanaman, warna kanopi dan kandungan klorofil menggunakan SPAD klorofil meter dan kemudiannya data-data ini akan dikorelasikan berdasarkan model Indeks kawasan hijau (GAI). Peta rawatan pembajaan secara kadar boleh ubah akan dihasilkan bagi menguruskan kebolehubahan tanaman seterusnya aplikasi pembajaan dapat dilaksanakan mengikut keperluan tanaman. Aplikasi pembajaan dilaksanakan menggunakan traktor berkelekaan tinggi dan penabur cakera berputar yang dilengkapi sistem automatik dan GNSS.

Summary

Variability management is very important in the precision agriculture. It starts from the land preparation, seeding, crops maintenance and all the way up to harvesting. The process of land preparation, seed sowing and crop care are very critical to ensure good yield. Therefore, MARDI has developed technology to manage variability for these activities. Land levelling technology using GNSS system collects land levelling data in the plot and establishes a variable rate technology (VRT) treatment map for seeding to obtain a uniform crop establishment. After that, aerial image data and real-time field data acquisition on canopy; shoot size, crop population, crop colour and chlorophyll content via SPAD chlorophyll meter are taken and correlated based on green area index (GAI) model. A VRT Fertilizer treatment map is then generated to manage the variability of crop nutrient and fertilizer is applied according to crop needs. Fertilization applications is carried out using a fertilizer spreader attached to a high clearance tractor equipped with a GNSS system.

Pengarang

Mohd Shahril Shah Mohamad Ghazali
Pusat Penyelidikan Kejuruteraan, MARDI Seberang Perai
Jalan Paya keladi Pinang Tunggal, Pejabat Pos Kepala Batas
13200 Kepala Batas, Pulau Pinang
E-mel: shahril@mardi.gov.my

Mohamad Auфа Mhd. Bookeri, Mohd Khusairy Khadzir (TS) dan
Mohamad Haniff Ahmad
Pusat Penyelidikan Kejuruteraan, MARDI Seberang Perai
Jalan Paya keladi Pinang Tunggal, Pejabat Pos Kepala Batas
13200 Kepala Batas, Pulau Pinang

Muhammad Naim Fadzli Abd. Rani, Mohd Fitri Masarudin dan
Siti Norsuha Misman
Pusat Penyelidikan Padi dan Beras
MARDI Seberang Perai
Jalan Paya keladi Pinang Tunggal, Pejabat Pos Kepala Batas
13200 Kepala Batas, Pulau Pinang

Badril Hisham Abu Bakar (Ir. Dr.), Mohd Syaifudin Abd. Rahman (Dr.), Mohd
Nadzim Nordin, Teoh Chin Chuang (Dr.), Mohd Shahmhaizan Mat Jusoh,
Mohd Taufik Ahmad, Mohamed Fauzi Md. Isa dan Eddy Herman Sharu
Pusat Penyelidikan Kejuruteraan, Ibu Pejabat MARDI
Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor

Mohamad Fakhru Zaman Omar
Pusat Penyelidikan Kejuruteraan, MARDI Sintok
06050 Bukit Kayu Hitam, Kedah

Norlida Mohamed Hamim
Pusat Penyelidikan Sains Tanah, Air dan Baja
Ibu Pejabat MARDI, Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor

Hairazi Abdul Rahim
Pusat Penyelidikan Sosio Ekonomi, Risikan Pasaran dan Agribisnes
Ibu Pejabat MARDI, Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor

Chong Tet Vun (Dr.)
Pusat Penyelidikan Padi dan Beras, MARDI Alor Setar
KM 5, Jalan Kuala Kedah, 05700 Alor Setar, Kedah