

Penggerak utama tanpa pemandu bagi meningkatkan produktiviti dalam pengeluaran tanaman

(Driverless prime mover to raise productivity in agricultural production)

Badril Abu Bakar, Mohd. Aafa Mhd Bookeri, Nur Khalidah Zakaria, Mohd Hariz Musa, Mohd. Zamri Khairi Abdullah, Ramlan Ismail dan Muhammad Shukri Hassan

Pengenalan

Masalah kekurangan buruh dan produktiviti yang rendah merupakan isu penting dalam pertanian yang perlu diatasi. Tenaga buruh yang mahir dan terlatih semakin sukar untuk diperolehi disebabkan oleh kerja-kerja disektor pertanian dilihat sebagai pekerjaan yang kotor, bahaya dan memalukan (atau 3D iaitu *Dirty, Dangerous, Demeaning*) oleh anak muda tempatan. Kebergantungan kepada tenaga buruh asing pula akan menimbulkan pelbagai masalah ekonomi dan sosial setempat. Produktiviti yang rendah adalah berkait rapat dengan penggunaan kaedah pertanian manual yang kurang efektif dan intensif buruh. Untuk menanganinya, kerajaan Malaysia sedang bergerak ke arah penggunaan teknologi Industri 4.0.

Teknologi Industri 4.0 membolehkan pengubahsuaian produk secara peribadi. Ia berpaksi kepada tiga tonggak teknologi iaitu automasi, capaian internet dan kecerdasan. Ketiga-tiga tonggak ini membolehkan masyarakat terhubung dengan perniagaan dan mesin. Penggerak utama jenis tanpa pemandu telah menarik perhatian para penyelidik untuk mengkaji lebih mendalam dan mengembangkan penggunaan teknologi berkenaan dalam beberapa tahun kebelakangan ini. Dalam sektor pertanian, keupayaan untuk mempunyai jentera pertanian atau kenderaan utama pertanian yang mampu untuk beroperasi secara automatik adalah sangat bermanfaat kerana ia mampu mengurangkan kos dan meningkatkan produktiviti pengeluaran pertanian.

Beberapa sistem telah berjaya dikomersialkan di dunia. Syarikat seperti Trimble Ag dan Ag Leader menawarkan penyelesaian yang membolehkan pemanduan secara automatik, namun operator perlu berada di atas penggerak utama bagi memantau sistem tersebut. Operator harus menetapkan titik-titik laluan awal dengan mengemudi traktor melalui laluan yang diinginkan. Modul autopilot kemudian boleh diaktifkan untuk mengawal traktor. Di Malaysia pula, belum ada penggerak utama tanpa pemandu bagi tujuan pertanian dibangunkan. Kerajaan Malaysia menyedari bahawa kita tidak mampu untuk terkebelakang dalam usaha untuk memodenkan sektor pertanian. Dalam Rancangan Malaysia Ke-12 (RMK-12), kerajaan telah

menekankan keperluan untuk menggunakan teknologi IR 4.0 seperti penggerak utama pintar untuk memodenkan sektor pertanian di Malaysia.

Oleh itu, sekumpulan penyelidik di MARDI telah membangunkan satu teknologi penggerak utama tanpa pemandu bagi membantu meningkatkan produktiviti dalam pengeluaran pertanian. Sistem yang dibangunkan mampu memudahkan tugas operator kerana ia membolehkan mereka hanya untuk fokus kepada operasi implemen sahaja tanpa perlu mengendalikan penggerak utama kerana sistem pemanduan dikawal secara automatik. Selain itu, operator juga boleh memilih untuk tidak berada di atas penggerak utama dan mengawalinya daripada jauh.

Sistem penggerak utama tanpa pemandu

Sistem penggerak utama yang dibangunkan adalah seperti dalam *Gambar 1* yang terdiri daripada tiga komponen utama iaitu:

- i. Pembangunan sistem pengemudian penggerak utama
- ii. Sistem pengecaman objek dan penghindaran pelanggaran
- iii. Sistem IoT

Carta alir 1 menunjukkan proses pembangunan komponen-komponen utama dalam sistem ini.

Pembangunan sistem pengemudian penggerak utama

Sistem pengemudian terdiri daripada dua komponen utama iaitu instrumentasi geolokasi dan modul kawalan pergerakan. Instrumentasi geolokasi membolehkan lokasi penggerak utama ditentukan berdasarkan sistem satelit navigasi sejagat (GNSS). Instrumentasi ini dipasang pada penggerak utama.

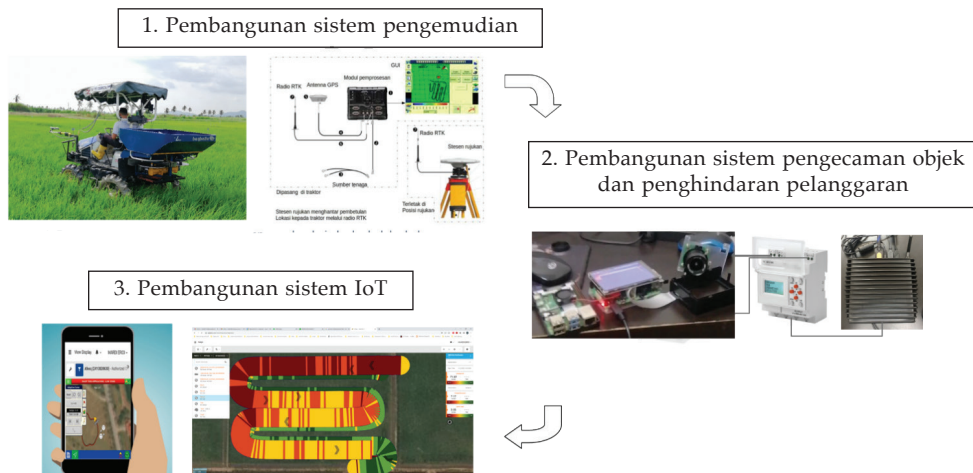
Modul kawalan pergerakan pula dibangunkan bagi membolehkan pergerakan penggerak utama dikawal berdasarkan peta laluan yang diajarkan kepada sistem ini. Operator perlu mengemudi penggerak utama dan memeta laluan yang diperlukan supaya data laluan dapat dicerap oleh modul kawalan ini. Setelah laluan ditetapkan, operator boleh memilih mod automasi di mana modul kawalan akan mengemudi penggerak utama mengikut laluan yang ditetapkan.

Pembangunan sistem pengecaman objek dan penghindaran pelanggaran

Sistem ini terdiri daripada penderia optik dan modul kawalan aktuator. Data daripada penderia optik digunakan sebagai input kepada model yang dibangunkan. Kaedah pembelajaran mesin *machine learning* digunakan bagi mengklasifikasi objek-objek yang diingini. *Gambar rajah 1* menunjukkan asas algoritma yang digunakan dan dinamakan sebagai YOLO: “*You Only Look Once*”.



Gambar 1. Penggerak utama tanpa pemandu sedang diuji di lapangan



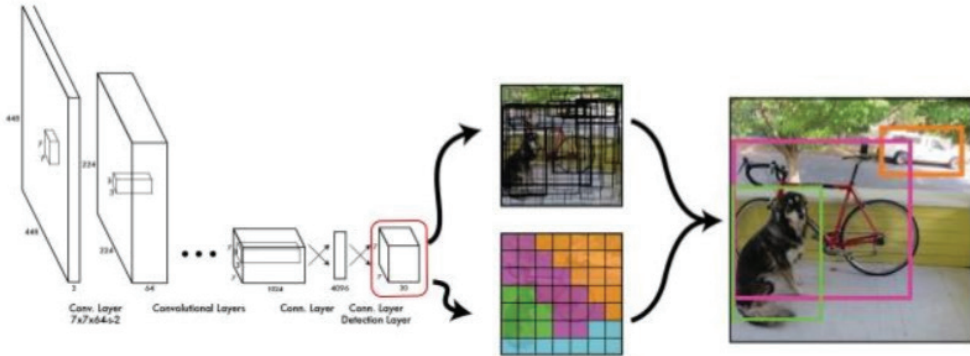
Carta alir 1. Proses pembangunan penggerak utama tanpa pemandu

Setelah model dipelajari, output daripada model ini digunakan untuk mengawal pergerakan penggerak utama. Perisian modul kawalan dibangunkan supaya penggerak utama boleh bergerak dengan selamat tanpa mengancam keselamatan di sekelilingnya. *Gambar rajah 2* menunjukkan logik kawalan yang telah dipermudahkan bagi pemahaman pembaca.

Pembangunan sistem IoT

Sistem IoT yang dibangunkan membolehkan pengurus ladang memantau operasi dan prestasi lebih daripada satu penggerak utama tanpa pemandu dalam satu masa. Modul kawalan utama dipasang pada kokpit penggerak utama pintar. Modul kawalan

YOLO: You Only Look Once



Sumber: 2016, J. Redmon et. al

Gambar rajah 1. Konsep algoritma YOLO

	Contact-1	Connection-1	Contact-2	Connection-2	Contact-3	Connection-3	Coil	Comments
01	J1 Activate driverless						fM1 Activation aux relay	
02	J2 Obstacle sensor		m2 Single activation				T T1 Stop actuator timer	
03	m1 Activation aux relay						R T2 Go Actuator timer	
04							R T3 Go Delay timer	
05	T1 Stop actuator timer						f Q1 Forward drive	
06							f Q3 Forward drive	
07							T T4 Initial start delay	
08	T4 Initial start delay						S M2 Single activation	
09	j2 Obstacle sensor		M1 Activation aux relay		M2 Single activation		T T2 Go Actuator timer	
10	T2 Go Actuator timer						T T3 Go Delay timer	

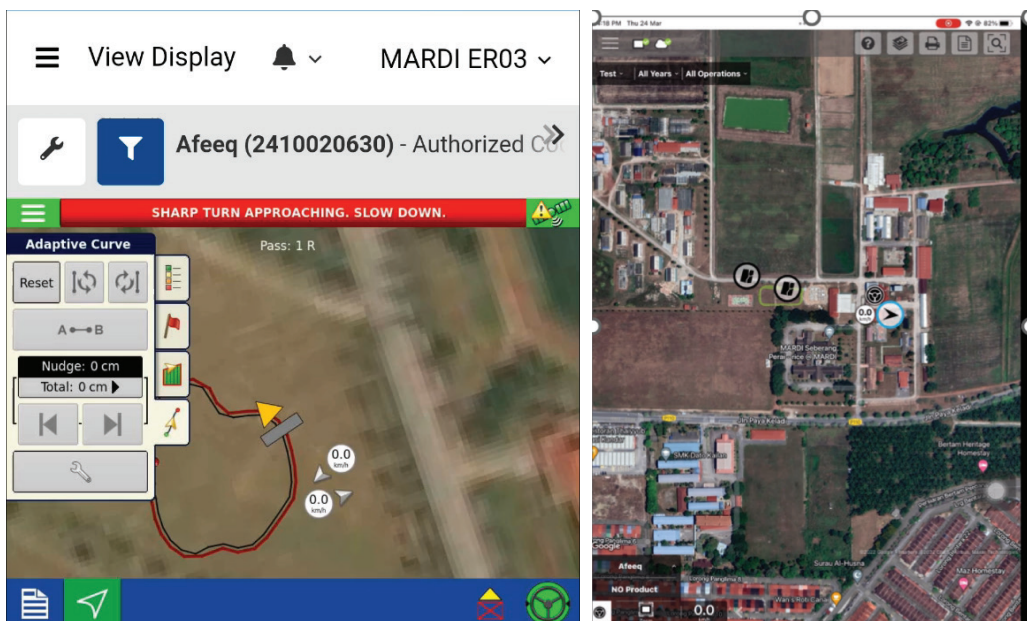
Gambar rajah 2. Logik kawalan bagi pergerakan penggerak utama

ini dilengkapi dengan akses kepada internet. Data operasi yang dicerap daripada penggerak utama dimuat naik ke pelayan awan yang berada di atas talian. Pengguna boleh memantau atas talian secara masa nyata operasi yang dilakukan oleh lebih daripada satu penggerak utama melalui papan pemuka. *Gambar 2* menunjukkan paparan yang dapat dilihat daripada papan pemuka tersebut. Pengguna boleh memilih beberapa data yang ingin dilihat. Pengguna juga dapat melihat paparan yang ditunjukkan pada penggerak utama tanpa pemandu bagi tujuan pengujian dan verifikasi.

Dapatan kajian

Jadual 1 menunjukkan prestasi sistem pengesanan objek. Daripada *Jadual 1*, didapati kejituan sistem ini mencapai 84% di mana ketepatannya mencapai 86%. *Jadual 2* menunjukkan prestasi prototaip penggerak utama pintar dengan separa automasi di lapangan berbanding dengan kaedah konvensional. Keputusan menunjukkan kaedah separa automasi mencapai produktiviti yang lebih tinggi. Di samping itu, ralat jarak daripada barisan rujukan lebih rendah bagi kaedah ini berbanding dengan kaedah manual.

Prototaip yang dibangunkan boleh dipasang pada mana-mana penggerak utama dengan hanya modifikasi minimum. Ini bermakna sistem boleh dipadankan untuk pelbagai operasi ladang.



Gambar 2. Paparan papan pemuka sistem IoT yang digunakan

Kelebihan teknologi

Prototaip yang dibangunkan boleh dipasang pada mana-mana penggerak utama dengan hanya modifikasi minimum. Ini bermakna sistem boleh dipadankan untuk pelbagai operasi ladang. Selain itu, seorang operator boleh mengawal beberapa penggerak utama dalam satu masa melalui sistem IoT yang dibangunkan. Prototaip yang dibangunkan dapat membantu dalam menyelesaikan masalah kekurangan operator terlatih dalam sektor pertanian.

Jadual 1. Matriks prestasi sistem pengecaman objek

		Jangkaan		
		M	BM	
Sebenar	M	43	7	Ketepatan 86%
	BM	9	41	NPV 82%
		Sensitiviti 0.82	Spesifisiti 0.85	Kejituan 84%

Nota: M = manusia, BM = bukan manusia

Jadual 2. Prestasi prototaip penggerak utama pintar dengan separa automasi

	Separu automasi	Manual
Produktiviti (ha/jam)	2.46	2.17
Min ralat kuasa dua (MSE cm ²)	5.29	13.69
Kelajuan (km/jam)	3.07	2.60

Kesimpulan

Satu prototaip penggerak utama tanpa pemandu telah dibangunkan. Ia telah diuji dan dapatan yang diperoleh menunjukkan ia lebih efisien berbanding dengan penggerak utama dengan pemandu. Prototaip yang dibangunkan boleh membantu dalam menyelesaikan masalah kekurangan tenaga operator terlatih dalam sektor pertanian.

Penghargaan

Kami ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada pihak Kementerian Pertanian dan Keterjaminan Makanan serta pengurusan MARDI kerana membiayai kajian ini.

Bibliografi

- Abdullah Al-Amin, A. K. M., et al. (2022). Economics of Field Size for Autonomous Crop Machines. 15th International conference on precision agriculture. Minneapolis, Minnesota, The international society of precision agriculture
- Abu Bakar, B., et al. (2019). Leveling-index based variable rate seeding technique for paddy. *Precision Agriculture* 21(4), 729–736.
- Abu Bakar, B., et al. (2021). A Review of Mechanization and Automation in Malaysia's Pineapple Production. *Advances in Agricultural and Food Research Journal*.
- Abu Bakar, B., & Veres, S. M. (2010). A multi-agent approach to integrated FDI & reconfiguration of autonomous systems. IASTED Conf on Artificial Intelligence and Applications, Feb 15–17, 2010, Innsbruck, Austria.
- EDB (2018). The Singapore Smart Industry Readiness Index. Singapore.
- EPU (2021a). Rancangan Malaysia Kedua Belas, 2021 – 2025. E. P. Unit. Kuala Lumpur, Percetakan Nasional Malaysia Berhad.
- EPU (2021b). Dasar Revolusi Perindustrian Keempat (4IR) Negara. E. P. Unit. Putrajaya, Percetakan Nasional Malaysia Berhad.
- Ismail, N., & Malik, O. A. (2022). Real-time visual inspection system for grading fruits using computer vision and deep learning techniques. *Information Processing in Agriculture* 9(1), 24–37.
- Jimenez, A.-F., et al. (2020). "A survey on intelligent agents and multi-agents for irrigation scheduling. *Computers and Electronics in Agriculture*, 176.
- Jing, Y., et al. (2021). Path tracking control with slip compensation of a global navigation satellite system based tractor-scraper land levelling system. *Biosystems Engineering* 212, 360–377
- Kamilaris, A., & F. X. Prenafeta-Boldú (2018). "Deep learning in agriculture: A survey." *Computers and Electronics in Agriculture* 147, 70–90.

Ringkasan

Dalam sistem konvensional, operator perlu memandu dan mengawal penggerak utama di samping mengendalikan implemen yang disangkut pada penggerak utama tersebut (seperti pembajak, penabur input dan lain-lain). Ini memberi kesan kepada kecekapan operator jentera dalam menjalankan operasi ladang seperti penyediaan tanah (memangkas tunggul jerami, membajak, membadai), penjagaan tanaman (menabur input tanaman iaitu benih dan baja), penyemburan racun dan menuai kerana operator perlu membahagi tumpuan kepada dua tugas iaitu memandu dan juga operasi implemen yang digunakan. Sistem yang dibangunkan mampu memudahkan tugas operator kerana ia membolehkan mereka hanya untuk fokus kepada operasi implemen sahaja tanpa perlu mengendalikan penggerak utama kerana sistem pemanduan dikawal secara automatik. Selain itu, operator juga boleh memilih untuk tidak berada di atas penggerak utama dan mengawalinya daripada jauh.

Summary

In a conventional system, operators need to drive and control the main engine as well as operate the implement attached to the main engine (e.g. plow, input applicator, etc.). This affects the efficiency of workers in carrying out farm operations such as fertilizing, sowing, harvesting, or plowing because they have to divide their focus between driving and farm operations. The developed system alleviates the burden on operators because it allows workers to focus more on the farm operation without worrying about the direction of the main engine as the driving system is controlled automatically. In addition, operators can also choose not to be on the prime mover and control it from a distance.

Pengarang

Badril Abu Bakar (Ir. Dr.)

Pusat Penyelidikan Kejuruteraan, Ibu Pejabat MARDI

Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor

E-mel: badril@mardi.gov.my

Mohd. Aufa Mhd Bookeri dan Nur Khalidah Zakaria

Pusat Penyelidikan Kejuruteraan, MARDI Seberang Perai

Jalan Paya Keladi Pinang Tunggal, Pejabat Pos Kepala Batas

13200 Kepala Batas, Pulau Pinang

Mohd Hariz Musa, Mohd. Zamri Khairi Abdullah, Ramlan Ismail dan

Muhammad Shukri Hassan

Pusat Penyelidikan Kejuruteraan, Ibu Pejabat MARDI

Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor