

Sistem pengesanan kualiti penapakan sulur nanas untuk operasi penanaman yang cekap

(Pineapple sucker planting quality detection system for efficient planting operations)

Siti Noor Aliah Baharom, Adli Fikri Ahmad Sayuti, Badril Hisham Abu Bakar, Muhammad Hariz Musa, Mohammad Aufa Mhd. Bookeri, Mohd Nizam Zubir, Mohamad Fakhru Zaman Omar, Norhafizi Mansor, Noraznal Mohd Zainal dan Yuhanawati Mat Yunus

Kata kunci: sulur nanas, kualiti penapakan, kecerdasan buatan, sistem pintar, IoT, pembelajaran mesin

Pengenalan

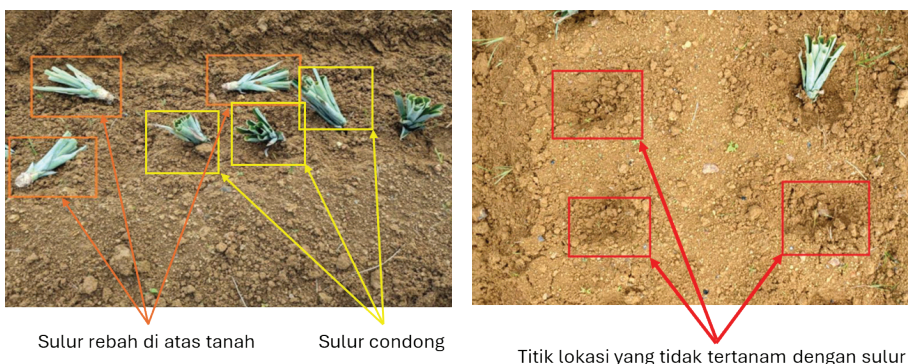
Kaedah penanaman sulur nanas secara manual memerlukan tenaga kerja yang ramai dan memakan masa yang lama. Seramai 12 – 15 orang pekerja diperlukan untuk menanam 45,000 sulur per hektar dalam tempoh 7 jam bekerja. Kebergantungan tenaga kerja yang tinggi dalam amalan penanaman secara manual ini merupakan satu cabaran kepada industri nanas dalam meningkatkan produktiviti. Ini adalah disebabkan bekalan tenaga kerja dalam sektor pertanian di Malaysia yang semakin berkurang dengan kadar upah kerja yang semakin meningkat.

Bagi mengurangkan kebergantungan tenaga kerja yang tinggi dalam amalan penanaman sulur nanas secara manual, satu mesin penanam sedia ada di pasaran telah diubah suai untuk menanam sulur nanas secara mekanikal. Mesin yang telah diubah suai ini merupakan mesin sangkutan pada penggerak utama (*Gambar 1*). Mesin ini dilengkapi dengan sebuah sangkar sulur untuk menempatkan 1,000 – 1,200 sulur nanas dalam satu operasi dan dua kelongsong berputar untuk menyuap sulur ke unit penanam. Penanaman sulur nanas pada dua baris secara serentak berupaya dilakukan menggunakan mesin ini dengan hanya melibatkan tiga orang pekerja. Dengan bilangan pekerja yang sama, masa operasi penanaman menggunakan mesin ini juga dapat disingkatkan daripada 7 jam (penanaman manual) kepada 3 jam 40 minit (penanaman menggunakan mesin) untuk penanaman sebanyak 45,000 sulur pada kawasan penanaman seluas 1 hektar.



Gambar 1. Mesin penanam sulur nanas sangkutan pada penggerak utama

Meskipun bilangan pekerja dan tempoh masa untuk penanaman sulur menggunakan mesin yang diubah suai ini dapat dikurangkan berbanding secara manual, terdapat penapakan sulur pada tanah yang tidak menepati ciri-ciri penapakan yang baik untuk pertumbuhan pokok nanas yang optimum apabila mesin ini digunakan. Beberapa sulur didapati condong atau terus rebah di atas tanah dan tidak tertanam pada titik lokasi yang sepatutnya. Ini menjadikan hasil penapakan sulur nanas menggunakan mesin ini tidak setanding dengan hasil penapakan sulur yang ditanam secara manual, meskipun keperluan tenaga kerja dan masa adalah berkurangan. *Gambar 2* menunjukkan beberapa contoh keadaan penapakan sulur yang tidak memberikan pertumbuhan pokok yang optimum dan titik lokasi yang tidak tertanam dengan sulur. Tambahan pula, mesin yang diubah suai untuk penanaman sulur ini tidak dilengkapi dengan sistem yang berupaya mengira bilangan sulur yang telah ditanam pada satu-satu kawasan. Maklumat tentang bilangan sulur yang telah ditanam di satu-satu kawasan dikira secara manual dan direkodkan oleh pekerja. Ini menjadikan pencerapan data (bilangan sulur yang telah ditanam) dan perekodan ke dalam komputer kurang tepat dan kurang cekap.



Gambar 2. Contoh keadaan penapakan sulur yang tidak memberikan pertumbuhan pokok yang optimum atau tidak memberikan pertumbuhan pokok dan titik lokasi yang tidak tertanam dengan sulur

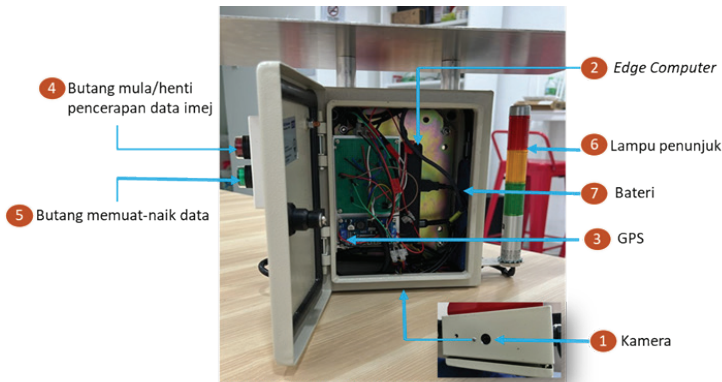
Bagi mengatasi isu yang dihadapi dalam operasi penanaman sulur menggunakan mesin penanam, satu sistem yang mengaplikasikan teknologi kecerdasan buatan (AI) dan Internet pelbagai benda (IoT) telah dibangunkan untuk mengesan kualiti penapakan sulur nanas yang ditanam menggunakan mesin penanam yang diubah suai. Selain itu, sistem yang dibangunkan ini juga berfungsi mengira dan merekodkan secara masa-nyata bilangan sulur nanas yang telah ditanam setiap kali operasi penanaman dilakukan pada satu-satu kawasan.

Reka bentuk dan fungsi sistem penentuan kualiti penapakan sulur nanas

Gambar 3 menunjukkan bahagian luaran sistem pengesanan kualiti penapakan sulur nanas. Komponen-komponen sistem tersebut ditunjukkan seperti dalam *Gambar 4* dan fungsi setiap komponen disenaraikan seperti dalam *Jadual 1*.



Gambar 3. Bahagian luaran sistem pengesanan kualiti penapakan sultur nenas

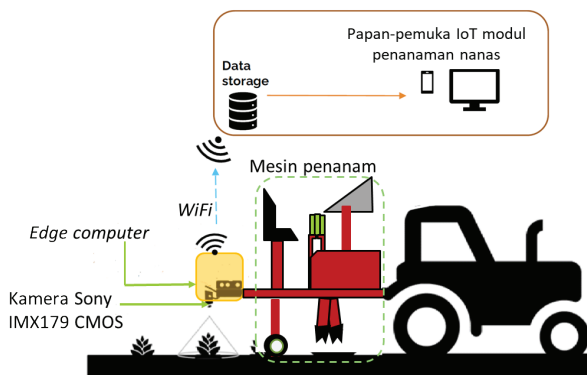


Gambar 4. Komponen-komponen sistem pengesanan kualiti penapakan sultur nenas

Jadual 1. Fungsi komponen-komponen sistem pengesanan kualiti penapakan sultur nenas

Komponen	Fungsi
Kamera (Sony IMX179 CMOS)	Mencerap data imej sultur nenas.
Edge computer (NVIDIA Jetson Nano)	Mengelaskan data imej menggunakan model pengelasan kualiti penapakan sultur nenas yang dimuat-simpan dalam storan. Analisis statistik juga dilakukan menggunakan kod pengaturcaraan yang juga disimpan dalam storan.
Sistem Kedudukan Global (GPS)	Mencerap data geolokasi penanaman sultur dan menyimpan data tersebut ke storan <i>edge computer</i> .
Butang mula/henti pencerapan data imej	Untuk memulakan atau menghentikan pencerapan data imej sultur nenas.
Butang memuat-naik data	Untuk memuat-naik data ke komputer pelayan.
Lampu penunjuk	Memberi isyarat status sistem sama ada bersedia untuk mencerap data atau tidak.
Bateri	Membekalkan tenaga elektrik kepada sistem.

Sistem pengesanan kualiti penapakan sulur nanas dipasang pada bahagian belakang mesin penanam. *Gambar rajah 1* menunjukkan reka bentuk konsep sistem pengesanan kualiti penapakan sulur nanas. Sistem yang dipasang pada bahagian belakang mesin penanam berfungsi mengesan, mengira dan memberikan maklumat kualiti penapakan sulur nanas yang ditanam menggunakan mesin penanam sulur nanas.



Gambar rajah 1. Reka bentuk konsep sistem pengesanan kualiti penapakan sulur nanas

Prinsip kerja sistem pengesanan kualiti penapakan sulur nanas

Semasa mesin penanam yang digerakkan oleh penggerak utama melakukan operasi menanam sulur, kamera yang berada di belakang mesin akan merakam imej kawasan yang telah dilalui oleh mesin penanam. Data geolokasi plot tanaman di mana sulur ditanam juga dicerap oleh Sistem Kedudukan Global (GPS). *Gambar 5* menunjukkan sistem pengesanan kualiti penapakan sulur nanas yang dipasang di belakang mesin penanam sulur nanas merakam imej semasa penanaman dilakukan. Imej yang dirakam seterusnya dikelaskan kepada dua kelas kualiti iaitu kelas *OK* dan *misplant* menggunakan model pengkelasan kualiti penapakan sulur nanas yang dimuat-simpan dalam *edge computer*. Dua kelas kualiti penapakan sulur tersebut berserta ciri-ciriya adalah seperti dalam *Jadual 2* dan contoh imej penapakan sulur mengikut kelas dipaparkan dalam *Gambar 6*.

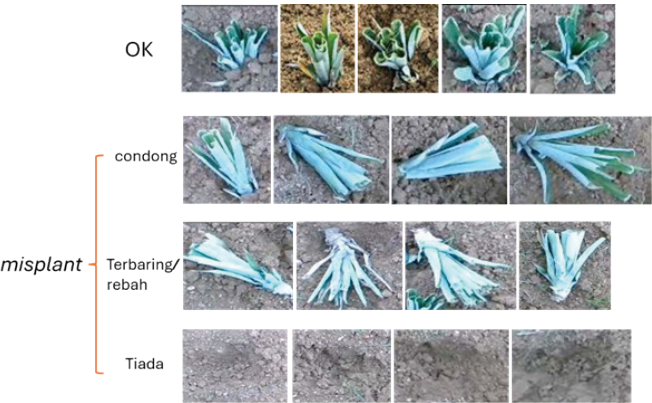
Edge computer juga dilengkapi dengan pengaturcaraan komputer yang mengira bilangan dan peratus sulur kelas *OK* serta bilangan dan peratus sulur kelas *misplant*. Maklumat ini bersama data geolokasi dihantar kepada komputer tablet pengguna melalui rangkaian WiFi dan dipaparkan pada papan-pemuka IoT (*Gambar 7*) setiap kali selepas operasi penanaman selesai dilakukan pada satu-satu kawasan (plot) penanaman. Maklumat kualiti penapakan sulur bersama data geolokasi plot tanaman yang dipaparkan ini kemudiannya akan membantu pengguna membuat keputusan berkenaan tindakan selanjutnya yang perlu diambil berdasarkan kepada kualiti penapakan sulur pada lokasi spesifik. Antara tindakan selanjutnya yang mungkin perlu diambil adalah membetulkan kedudukan sulur *misplant* secara manual, menyulam sulur pada titik lokasi penanaman *misplant* atau perlu melakukan semula operasi penanaman menggunakan mesin penanam.

Jadual 2. Kelas kualiti penapakan sulur dan ciri-cirinya

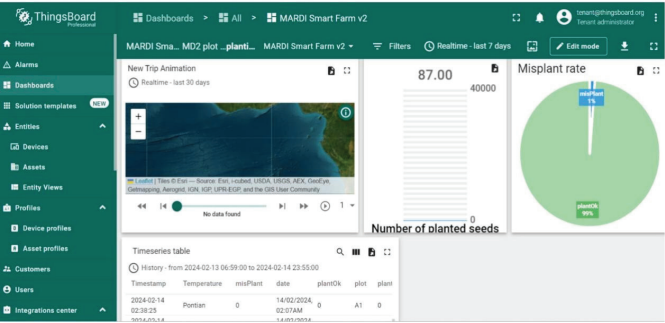
Kelas	Ciri-ciri imej
OK	Sulur yang telah berjaya ditanam dengan baik.
Misplant	Sulur yang tertanam tetapi tidak menepati ciri-ciri penanaman yang memberikan pertumbuhan optimum seperti terlalu condong atau terus terbaring/rebah di atas tanah. Imej tanah yang telah dicucuk dengan kon unit penanam tetapi tiada sulur yang tertanam.



Gambar 5. Sistem pengesanan kualiti penapakan sulur nanas yang dipasang di belakang mesin penanam sulur nanas



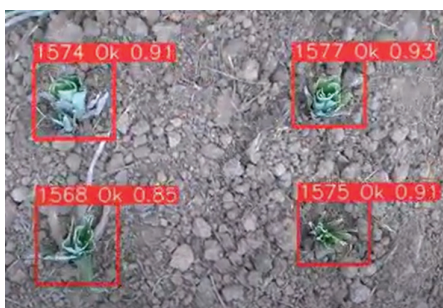
Gambar 6. Contoh imej penapakan sulur mengikut kelas OK dan misplant



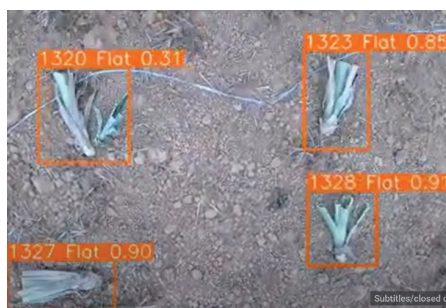
Gambar 7. Papan-pemuka IoT pada komputer tablet yang mempamerkan maklumat operasi penanaman termasuk kualiti penapakan sulur nanas

Pengujian sistem pengesanan kualiti penapakan sulur di lapangan

Ujian fungsi sistem dilakukan di plot penanaman nanas di MARDI Sintok dan MARDI Pontian. Untuk pengujian ini, sebanyak 2,000 sulur ditanam di setiap plot menggunakan mesin penanam yang dipasang pada belakang penggerak utama bersama sistem pengesanan kualiti penapakan sulur nanas. Selepas operasi penanaman sulur selesai, hasil analisa menggunakan model yang telah dibangunkan ke atas imej-imej yang telah diambil semasa penanaman (data bilangan dan peratus sulur nanas *OK* serta bilangan dan peratus *misplant*) dihantar ke papan-pemuka IoT melalui WiFi. *Gambar 8* menunjukkan contoh imej sulur mamas yang dikesan dan dikelaskan sebagai *OK* manakala *Gambar 9* menunjukkan contoh imej sulur nanas yang dikesan sebagai *misplant* (*flat*).



Gambar 8. Contoh imej sulur yang telah ditanam dan dikesan dan dikelaskan sebagai OK (baik untuk pertumbuhan)



Gambar 9. Contoh imej sulur yang ditanam dalam keadaan condong atau rebah dan dikelaskan sebagai misplant (flat/terbaring)

Bagi menilai ketepatan sistem yang dibangunkan untuk mengesan kualiti penapakan sulur, bilangan sulur *OK* dan *misplant* juga dikira secara manual (dengan mata kasar) oleh tiga orang pekerja dan direkodkan secara manual sebaik sahaja operasi penanaman selesai. *Rajah 1* menunjukkan *confusion matrix* antara pengesanan kualiti penapakan sulur nanas secara manual (*actual*) dan menggunakan sistem pengesanan kualiti penapakan sulur nanas yang telah dibangunkan (*predicted*). Daripada *confusion matrix* ini, ketepatan sistem yang diperolehi dalam mengesan kualiti penapakan sulur (*predicted*) apabila sistem yang dibangunkan ini berfungsi di lapangan berbanding dengan pengesanan kualiti penapakan yang sebenar (manual/*actual*) dikira menggunakan persamaan (1). Daripada pengiraan ketepatan (*accuracy*) berdasarkan *confusion matrix*, didapati ketepatan sistem yang dibangunkan dalam mengesan kualiti penapakan sulur di lapangan ialah 86%. Dianggarkan sebanyak 24% berlakunya pengesanan kualiti penapakan sulur yang tidak tepat apabila sistem ini diuji di lapangan. Akan tetapi, ketepatan sistem boleh ditingkatkan dengan menambah lebih banyak imej yang memberikan keadaan sebenar kawasan penanaman ke dalam set data ujian untuk pembangunan model pengkelasan kualiti penapakan sulur nanas.

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN} \times 100\% \quad (1)$$

TP = True Positive

TN = True Negative

FP = False Positive

FN = False Negative

Predicted	OK	1545	122
	MISPLANT	161	172
		OK	MISPLANT
		Actual	

Rajah 1. Confusion Matrix antara pengesanan penapakan sulur secara manual (actual) dan menggunakan sistem pengesanan kualiti penapakan sulur nanas di ladang (predicted)

Kesimpulan

Sistem pengesanan kualiti penapakan sulur nanas ini merupakan satu kaedah yang dapat membantu meningkatkan kecekapan operasi penanaman sulur nanas menggunakan mesin penanam di ladang bagi menggantikan kaedah penanaman secara manual yang memerlukan ramai tenaga kerja dan memakan masa yang lama. Selain itu, kecekapan operasi penanaman sulur nanas juga dapat ditingkatkan dengan pengumpulan data penanaman secara IoT dan seterusnya membantu pengusaha ladang nanas membuat keputusan berdasarkan data yang diperoleh. Ketepatan pengkelasan kualiti penapakan sulur nanas yang mencapai 86% boleh ditingkatkan dengan menambahkan lebih banyak data dengan pelbagai keadaan sulur untuk melatih model yang dibangunkan.

Pengintegrasian sistem pengesanan kualiti penapakan sulur nanas bersama mesin penanam sulur nanas berpotensi menjimatkan tenaga kerja dan masa berbanding dengan penanaman sulur secara manual. Di samping itu, pengumpulan data penanaman secara digital dengan menggunakan sistem yang dibangunkan ini boleh membantu pengusaha ladang membuat keputusan segera dalam pengurusan ladang berdasarkan maklumat yang diperoleh secara pantas. Selain daripada membuat keputusan pada peringkat penanaman, maklumat yang diperoleh ini juga boleh dijadikan rujukan dalam menganggarkan keperluan input dan juga hasil yang akan diperoleh kelak. Pengurusan ladang berpandukan maklumat yang diperoleh ini membantu meningkatkan kecekapan operasi pengeluaran nanas secara keseluruhannya.

Penghargaan

Penulis merakamkan ucapan terima kasih kepada pihak Kementerian Pertanian dan Keterjaminan Makanan (KPKM) atas dana Projek Pembangunan RMK-12 bagi membolehkan penyelidikan ini dilaksanakan. Penghargaan juga diberikan kepada pihak pengurusan Pusat Penyelidikan Kejuruteraan MARDI, ahli-ahli projek dan kakitangan Pusat Penyelidikan Kejuruteraan MARDI yang telah membantu dalam menjayakan penyelidikan ini.

Ringkasan

Penanaman sulur nanas menggunakan mesin penanaman yang diubah suai menyebabkan penapakan beberapa sulur pada tanah tidak menepati ciri-ciri penapakan yang baik untuk pertumbuhan pokok nanas yang optimum. Beberapa sulur didapati condong atau terus rebah di atas tanah dan tidak tertanam pada titik lokasi yang sepatutnya. Ini menjadikan hasil penapakan sulur nanas menggunakan mesin ini tidak setanding dengan hasil penapakan sulur yang ditanam secara manual, meskipun keperluan tenaga kerja dan masa adalah berkurangan. Sistem pengesanan kualiti penapakan sulur nanas telah dibangunkan untuk meningkatkan kecekapan penanaman sulur nanas menggunakan mesin penanam yang diubah suai ini. Sistem ini dipasang di belakang mesin penanam sulur nanas yang disangkut pada belakang traktor. Semasa operasi penanaman sulur dilakukan, sistem yang mengintegrasikan teknologi kecerdasan buatan (AI) dan Internet-pelbagai-benda (IoT) ini mencerap imej sulur yang ditanam dan mengelaskan imej-imej sulur tersebut kepada dua kelas kualiti penapakan sulur iaitu kelas *OK* atau *misplant*. Bilangan sulur bagi kedua-dua kelas tersebut direkodkan dan dipaparkan secara digital pada papan pemuka IoT. Ketepatan pengkelasan kualiti penapakan sulur nanas oleh sistem yang dibangunkan ini ialah 86%. Maklumat yang dipaparkan membantu peladang nanas membuat tindakan seterusnya seperti membetulkan kedudukan sulur *misplant* secara manual, menyulam sulur pada titik lokasi penanaman *misplant* atau melakukan semula operasi penanaman menggunakan mesin penanam. Kaedah ini dapat menjimatkan masa dan tenaga kerja dalam operasi penanaman sulur nanas. Ini seterusnya meningkatkan kecekapan pengeluaran nanas secara keseluruhannya.

Summary

The use of a modified planting machine for pineapple sucker planting has resulted in several suckers being improperly placed in the soil, failing to meet the criteria for optimal plant establishment. Some suckers were found to be tilted or completely fallen over on the ground and not planted at their designated locations. As a result, the planting quality of sucker by this machine is not comparable with the planting quality of manually planted suckers, although it reduces labour usage and time. To address this, a sucker planting quality detection system has been developed to improve the efficiency of sucker planting using the modified planting machine. This system is mounted at the rear of the pineapple sucker planting machine, which is attached to the back of a tractor. During planting operations, the system, which integrates artificial intelligence (AI) and the Internet of Things (IoT) technologies, captures images of the planted suckers and classifies them into two quality classes: "OK" or "misplant." The number of suckers in each class is recorded and digitally displayed on an IoT dashboard. The system achieves an 86% accuracy rate in classifying sucker planting quality. The displayed information could be used to guide farmers take corrective actions, such as bin repositioning misplanted suckers, replanting suckers at the correct planting points, or repeating the planting operation using the machine. This method saves time and labour in the sucker planting process and ultimately improve the overall efficiency of pineapple production.

Pengarang

Siti Noor Aliah Baharom (Dr.)
Pusat Penyelidikan Kejuruteraan, Ibu Pejabat MARDI
Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor
E-mel: aliah@mardi.gov.my

Adli Fikri Ahmad Sayuti, Badril Hisham Abu Bakar (Ir. Dr.), Muhammad Hariz Musa,
Norhafizi Mansor dan Noraznal Mohd Zainal
Pusat Penyelidikan Kejuruteraan, Ibu Pejabat MARDI
Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor

Mohammad Aufa Mhd. Bookeri dan Yuhanawati Mat Yunus
Pusat Penyelidikan Kejuruteraan, MARDI Seberang Perai
13200 Kepala Batas, Pulau Pinang

Mohd Nizam Zubir
Pusat Penyelidikan Hortikultur, MARDI Pontian
82000 Pontian, Johor

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