

Penganggaran populasi pokok padi menggunakan teknik pemrosesan imej digital

(Estimation of rice plant population using digital image processing technique)

Teoh Chin Chuang dan Mohd Khairil Izani Ishak

Pengenalan

Tanaman padi merupakan tanaman makanan utama selain buah-buahan, sayur-sayuran, tanaman kontan, herba dan rempah-ratus serta tanaman industri di Malaysia. Menurut Buku Statistik Tanaman (subsektor tanaman makanan) 2023 dalam tempoh 2018 – 2022, pengeluaran padi telah menurun 13.5% daripada 2,639,202 tan metrik kepada 2,281,736 tan metrik. Purata hasil juga turut menurun sebanyak 5.1% daripada 3,770 kg/ha kepada 3,577 kg/ha. Penyusutan hasil padi dihadapi pada tempoh tersebut akibat kesan daripada beberapa faktor seperti cuaca ekstrem, serangan penyakit dan perosak, penggunaan benih, racun serta baja yang kurang berkualiti dan tidak mengamalkan teknik penanaman yang betul.

Pada masa kini, sistem tanaman tabur terus telah diamalkan oleh pesawah-pesawah secara meluas di jelapang dan luar jelapang padi negara. Terdapat tiga jenis kaedah tabur terus yang sering digunakan oleh petani-petani padi Malaysia iaitu tabur terus basah, tabur terus kering dan tabur terus dalam air. Penapakan tanaman bermaksud menanam benih padi di petak sawah secara tabur terus yang sempurna adalah prasyarat penting untuk memudahkan kerja penjagaan tanaman dan juga merangsang tindak balas tanaman terhadap baja yang ditabur di dalam sawah bagi mencapai hasil yang tinggi. Sebaliknya, operasi penapakan tanaman tabur terus dijalankan kurang cekap akan menyebabkan pertumbuhan yang tidak seragam dan kepadatan populasi anak pokok berbeza-beza di petak sawah seterusnya mempengaruhi hasil yang disasarkan.

Pertanian tepat merupakan salah satu konsep pertanian moden yang mengamalkan pengurusan ladang dengan bantuan teknologi maklumat bagi mengawal penggunaan sumber input seperti racun dan baja yang optimum serta meningkatkan kuantiti hasil tanaman. Pemantauan kepadatan anak pokok adalah salah satu aktiviti yang penting dalam pengeluaran padi secara pertanian tepat di lapangan. Jarak penanaman di antara pokok padi yang sesuai di petak sawah adalah penting kerana ia akan mempengaruhi hasil bijirin dan juga memberikan pertumbuhan pokok yang lebih baik. Menurut buku *Rice Check Padi*, anak pokok padi yang terlalu padat akan menyebabkan persaingan pertumbuhan tanaman untuk mendapatkan nutrien dan cahaya matahari serta menjadi tempat ancaman kepada perosak dan penyakit tanaman. Sebaliknya, jarak di antara anak pokok yang optimum dapat memberikan lebih banyak ruang untuk akar

menjalar dengan lebih dalam serta mendapatkan cahaya untuk aktiviti fotosintesis yang lebih baik. Bilangan anak pokok padi adalah penunjuk utama untuk menentukan kepadatan populasi tanaman dan memberikan maklumat tentang status tumbesaran pokok padi serta mampu menganggarkan potensi hasil. Maklumat ini boleh digunakan untuk mengira jumlah baja dan racun perosak yang akan digunakan di lapangan.

MARDI telah membangunkan satu sistem sokong keputusan (DSS) bernama CREST-FERTO untuk membantu aktiviti penaburan baja dengan kuantiti optimum berdasarkan kepadatan anak pokok bagi mendapatkan hasil padi yang lebih tinggi. Pemantauan kepadatan anak pokok padi merupakan salah satu langkah penting dalam DSS tersebut untuk memastikan populasi pertumbuhan pokok seragam supaya hasil padi menepati sasaran yang tinggi. Kepadatan populasi tanaman adalah ditentukan dengan jumlah bilangan anak pokok yang dikira secara manual dalam satu kuadrat logam bersaiz 25 cm × 25 cm di beberapa lokasi di dalam petak sawah padi. Kaedah pengiraan ini memakan masa dan memerlukan tenaga yang tinggi serta kadangkala berlaku ralat pengiraan. Oleh itu, artikel ini memperkenalkan satu sistem pengiraan automatik untuk menganggarkan bilangan anak pokok di dalam petak sawah padi berdasarkan teknik pemrosesan imej digital.

Pensampelan data kepadatan anak pokok dan imej digital

Petak sawah padi di Lembaga Kemajuan Pertanian Muda (MADA), Kedah dan Lembaga Penyatuan dan Pemulihan Tanah Persekutuan (FELCRA), Seberang Perak telah dipilih sebagai plot kajian untuk pengambilan sampel-sampel kepadatan anak pokok padi dan imej digital pada peringkat umur 30 hari selepas penanaman. Sejumlah 113 dan 100 sampel data iaitu kepadatan populasi anak pokok dan imej digital diambil masing-masing di MADA (26 Oktober 2004) dan FELCRA (14 April 2005). Sampel-sampel bilangan anak pokok di dalam kuadrat logam bersaiz 25 cm × 25 cm dan imej digital anak pokok (*Gambar 1*) diambil secara rawak di beberapa plot padi. Imej digital dirakam dengan menggunakan kamera warna digital kira-kira 1 m dari permukaan tanah. Sampel data yang diambil di MADA adalah sebagai data rujukan untuk membangunkan model linear penganggaran bilangan anak pokok, manakala sampel data di FELCRA digunakan sebagai data penilaian bagi verifikasi model yang dibangunkan.

Imej digital

Imej digital berwarna diperoleh melalui kamera warna digital di pasaran biasanya terdiri daripada tiga komponen asas iaitu imej merah (R), imej hijau (G) dan imej biru (B) yang boleh dipaparkan dan diproses oleh komputer. Elemen asas bagi imej digital adalah piksel dan ditempatkan dalam tatasusunan dua dimensi di dalam bentuk matriks. *Gambar rajah 1* menunjukkan setiap piksel di baris

(i) dan lajur (j) bagi imej-imej R, G dan B yang mempunyai ciri tertentu dan diwakili oleh nombor digital yang mempunyai nilai 0 – 255 bagi imej 8 bit binari.

Pemprosesan imej digital

Pemprosesan imej digital adalah penggunaan algoritma dan model matematik untuk memproses dan menganalisis imej digital. Matlamat pemprosesan imej digital adalah untuk meningkatkan kualiti imej dan mengekstrak maklumat bermakna daripada imej bagi kegunaan tertentu. Ia juga adalah sejenis pemprosesan isyarat di mana input ialah imej digital dan output ialah imej yang telah diproses atau ciri-ciri yang dikaitkan dengan imej asal. Semua sampel imej digital diproses dan dikalibrasi dengan menggunakan perisian pemprosesan imej digital iaitu *PCI Geomatics*. Selepas kalibrasi, setiap imej digital mempunyai resolusi lebih kurang 5.84 mm/piksel.



Gambar 1. Imej pokok padi

Pemprosesan imej digital dijalankan dengan menggunakan kaedah pengelasan berselia di mana penggabungan piksel dilakukan bagi piksel objek yang mempunyai nilai nombor digital yang hampir sama manakala piksel yang lain dikategorikan sebagai tidak diketahui. Kaedah pengelasan berselia menggunakan pelbagai pendekatan matematik untuk mengelaskan semua piksel dalam imej digital. Dalam kajian ini, pengelasan imej digital dijalankan dengan menggunakan pengkelas jarak minimum yang terdapat di dalam perisian pemprosesan imej. Formula pengiraan pengkelas tersebut adalah mengikut persamaan berikut:

$$d_c = \sqrt{(BV_{ij1} - \mu_{c1})^2 + (BV_{ij2} - \mu_{c2})^2 + \dots + (BV_{ijk} - \mu_{ck})^2} = \sqrt{\sum_{k=1}^n (BV_{ijk} - \mu_{ck})^2}$$

di mana,

d_c = Euclidian distance bagi kelas c

BV_{ijk} = nilai piksel dalam barisan i , kolom j bagi imej k

μ_{ck} = nilai purata vektor bagi kelas c dikira dalam imej k

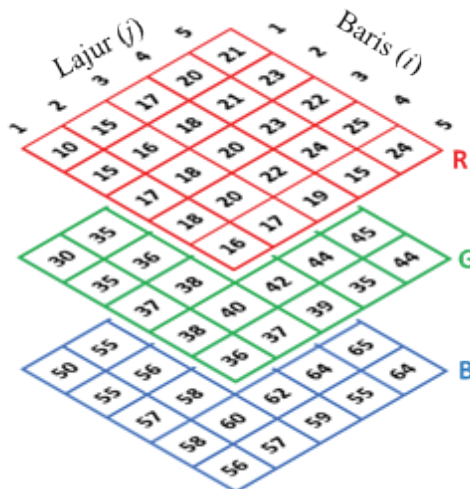
c = kelas 1, 2, 3,.... m

k = imej 1, 2, 3,.... n

Sesuatu piksel yang tidak diketahui kelas boleh ditentukan dengan pengiraan nilai *Euclidian distance* kelas c (d_c) antara setiap nilai digital piksel yang tidak diketahui (BV_{ijk}) dan setiap nilai purata vektor (μ_{ck}) dalam imej k . Dalam kajian ini semua piksel yang tidak diketahui dikategorikan kelas tumbuhan jika nilai $d_{tumbuhan}$ adalah rendah daripada $d_{bukan.tumbuhan}$. *Gambar rajah 2* menunjukkan salah satu sampel imej pokok padi selepas proses pengkelasan di mana semua piksel imej asal mampu dikelas kepada kategori tumbuhan dan bukan tumbuhan dengan menggunakan pengkelas jarak minimum ke min.

Pembangunan dan verifikasi model penganggaran bilangan anak pokok

Sampel data MADA diasingkan kepada 19 kumpulan berdasarkan bilangan anak pokok padi. Perisian *Microsoft Excel* digunakan untuk menganalisis perhubungan antara keluasan kanopi tanaman dan bilangan anak pokok padi di dalam kuadrat logam. Keluasan kanopi tumbuhan di dalam kuadrat daripada pengelasan imej dikira oleh perisian pemprosesan imej digital.



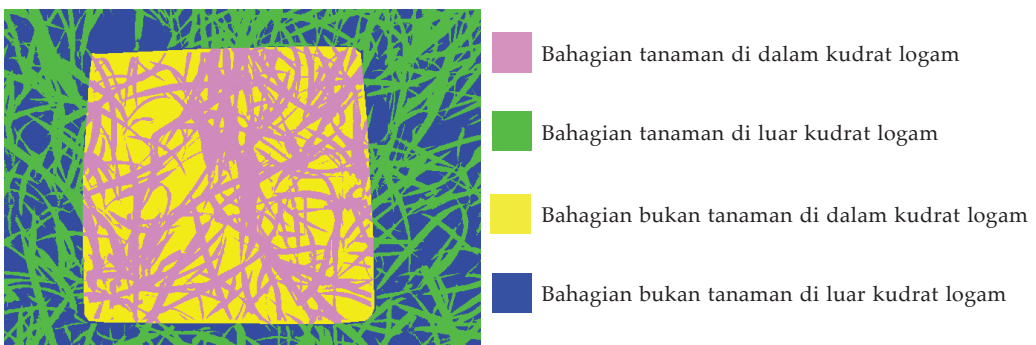
Gambar rajah 1. Piksel-piksel disusun dalam bentuk matriks bagi imej-imej R, G dan B

Jadual 1 menunjukkan purata keluasan kanopi tanaman dan bilangan anak pokok padi bagi setiap kumpulan yang ditentukan berdasarkan bilangan anak pokok padi daripada sampel data MADA. Analisis regresi linear digunakan untuk membangunkan model linear bagi menganggarkan bilangan anak pokok padi dengan menggunakan keluasan kanopi tanaman. Dalam analisis ini, bilangan anak pokok padi adalah pemboleh ubah bersandar atau data yang tidak diketahui nilai dan keluasan kanopi tanaman adalah pemboleh ubah tidak bersandar atau data yang diketahui nilai. Analisis regresi linear perhubungan antara keluasan kanopi tanaman dan bilangan anak pokok padi ditunjukkan seperti dalam *Gambar rajah 3*.

Keputusan menunjukkan bahawa kedua-dua parameter mempunyai perhubungan yang rapat dengan nilai pekali penentuan (r^2) bersamaan 0.8328. Model linear yang dibangunkan untuk menganggarkan bilangan anak pokok padi berdasarkan keluasan kanopi tanaman adalah seperti yang berikut:

$$\text{Bilangan anak pokok} = 0.1743 * \text{Keluasan kanopi tanaman} - 29.445$$

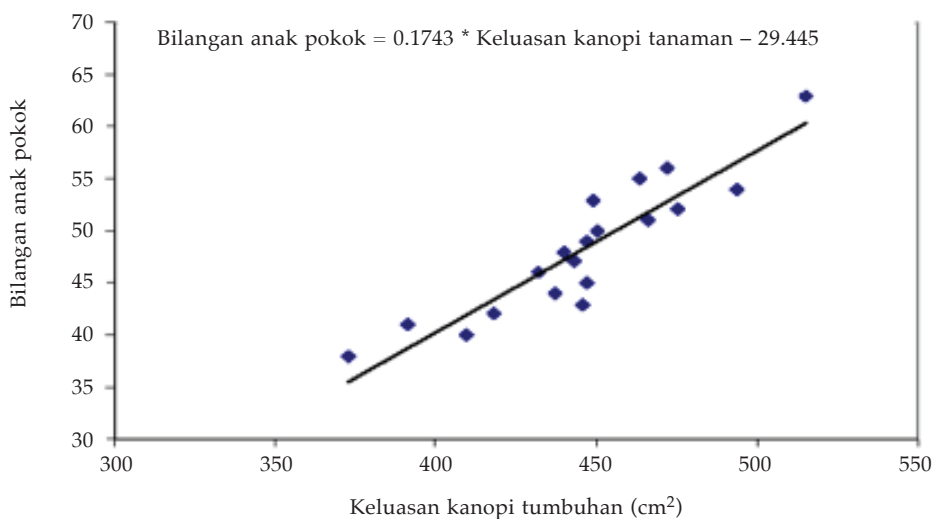
Model penganggaran bilangan anak pokok tersebut telah diverifikasi dengan menggunakan 100 keping imej digital yang diperoleh dari FELCRA, Seberang Perak. Semua imej pokok padi diproses dengan menggunakan pengkelas jarak minimum ke min untuk mengelaskan imej kepada tanaman dan bukan tanaman bagi mengira keluasan kanopi tanaman dalam kuadrat logam. *Jadual 2* menunjukkan keputusan kejituan penganggaran bilangan anak pokok padi bagi setiap imej dengan menggunakan model linear yang dibangunkan dan julat kejituan ialah 76.88 – 99.51% serta purata kejituan ialah 92.17%.



Gambar rajah 3. Imej pengelasan dengan menggunakan pengkelas jarak minimum ke min

Jadual 1. Keluasan purata kanopi tanaman padi dan bilangan anak pokok di dalam kuadrat 25 cm × 25 cm

Kumpulan	Purata keluasan kanopi tanaman (cm ²)	Bilangan anak pokok
1	373.06	38
2	409.28	40
3	391.44	41
4	418.21	42
5	445.47	43
6	436.90	44
7	447.15	45
8	432.20	46
9	443.33	47
10	439.92	48
11	447.03	49
12	450.48	50
13	466.23	51
14	474.88	52
15	449.22	53
16	493.55	54
17	463.28	55
18	472.06	56
19	515.28	63



Gambar rajah 3. Perhubungan antara keluasan kanopi tanaman (cm²) dan bilangan anak pokok padi di dalam kuadrat 25 cm × 25 cm

Jadual 2. Kejituan penganggaran bilangan anak pokok padi bagi 100 imej dengan menggunakan model linear yang dibangunkan

Sampel	Bilangan anak pokok sebenar	Bilangan anak pokok anggaran	Kejituan (%)	Sampel	Bilangan anak pokok sebenar	Bilangan anak pokok anggaran	Kejituan (%)
1	60	53.87	89.78	51	49	48.69	99.37
2	62	50.44	81.36	52	46	56.63	76.88
3	53	46.92	88.52	53	43	43.21	99.51
4	51	53.23	95.63	54	45	47.74	93.92
5	57	56.35	98.85	55	47	51.44	90.55
6	64	53.09	82.96	56	45	45.55	98.78
7	41	48.35	82.08	57	50	48.05	96.11
8	45	48.98	91.14	58	49	51.88	94.12
9	47	47.57	98.78	59	48	52.88	89.84
10	50	59.47	81.06	60	48	56.39	82.52
11	52	55.25	93.76	61	45	47.12	95.28
12	49	56.58	84.52	62	47	50.32	92.93
13	47	43.04	91.56	63	51	52.74	96.60
14	45	43.99	97.76	64	50	44.82	89.63
15	50	43.30	86.60	65	52	49.35	94.90
16	48	49.12	97.66	66	48	49.49	96.89
17	49	59.31	78.95	67	49	43.21	88.19
18	44	48.29	90.25	68	50	49.55	99.09
19	40	44.51	88.73	69	40	44.16	89.60
20	42	45.22	92.34	70	46	42.94	93.36
21	52	44.13	84.86	71	48	43.34	90.29
22	42	44.96	92.96	72	41	43.01	95.10
23	52	50.83	97.75	73	43	38.76	90.15
24	49	45.29	92.43	74	40	44.76	88.09
25	44	42.53	96.66	75	50	50.54	98.93
26	47	42.99	91.46	76	46	46.57	98.76
27	48	50.45	94.89	77	44	41.34	93.96
28	51	46.63	91.44	78	48	47.04	98.00
29	61	50.98	83.58	79	49	49.43	99.13
30	45	42.06	93.46	80	44	42.13	95.76
31	46	51.49	88.07	81	44	44.41	99.07
32	64	56.16	87.76	82	50	42.18	84.35
33	43	48.61	86.96	83	42	40.77	97.07
34	54	52.93	98.02	84	42	43.49	96.45
35	53	50.46	95.21	85	42	48.64	84.18
36	44	46.20	95.00	86	48	54.18	87.13
37	53	48.40	91.32	87	43	44.25	97.10
38	51	48.78	95.65	88	47	43.78	93.15
39	51	52.54	96.98	89	44	44.92	97.90
40	53	48.43	91.37	90	47	48.49	96.84

(Samb.)

Jadual 2. (Samb.)

Sampel	Bilangan anak pokok sebenar	Bilangan anak pokok anggaran	Kejituan (%)	Sampel	Bilangan anak pokok sebenar	Bilangan anak pokok anggaran	Kejituan (%)
41	55	54.43	98.97	91	48	55.22	84.96
42	56	52.91	94.47	92	51	46.38	90.95
43	50	59.41	81.18	93	45	44.68	99.28
44	46	50.33	90.58	94	45	44.4	98.67
45	48	52.39	90.86	95	44	45.86	95.77
46	44	49.20	88.18	96	41	44.59	91.23
47	54	44.53	82.46	97	44	41.49	94.30
48	43	43.32	99.25	98	49	46.74	95.40
49	50	54.75	90.50	99	43	47.59	89.32
50	54	55.76	96.74	100	44	50.14	86.05
							Purata kejituan 92.17

Kesimpulan

Penganggaran bilangan anak pokok padi mampu dijalankan berdasarkan keluasan kanopi tanaman dalam kuadrat logam 25 cm × 25 cm yang dikira dengan menggunakan teknik pemprosesan imej digital. Keputusan analisis regresi linear menunjukkan bahawa keluasan kanopi tumbuhan padi dalam kuadrat logam yang ditentukan oleh pemprosesan imej digital mempunyai perhubungan yang rapat dengan bilangan anak pokok dengan nilai $r^2 = 0.8328$. Keputusan verifikasi juga menunjukkan bahawa model linear yang dibangunkan mampu menganggarkan bilangan anak pokok dengan purata kejituan yang tinggi iaitu 92.17%. Maka pemantauan kepadatan populasi tumbuhan padi dapat diperlakukan dengan cepat dan cekap dengan menggunakan teknik pemprosesan imej digital berbanding dengan kaedah manual.

Bibliografi

- Abu Bakar, B., Abdul Rahman, M. S., Teoh, C. C., Abdullah, M. Z. K., & Ismail, R. (2018). Ambit determination method in estimating rice plant population density. *Food Research* 2(2), 177–182.
- Buku Rice Check Tanaman Padi (2022). Jabatan Pertanian Malaysia.
- Buku Statistik Tanaman (Sub-Sektor Tanaman Makanan) (2023). Jabatan Pertanian Malaysia.
- Dasar Agromakanan Negara 2.0 (2021 – 2030) (2021). Kementerian Pertanian dan Keterjaminan Makanan.
- Jahne, B. (1991). *Digital image processing*, m.s. 219–230. New York: Springer-Verlag.
- Krishna, D. (2011). *Study of System of Rice Intensification in Transplanted and Direct Seeded Versions Compared with Standard Farmer Practice in Chitwan, Nepal*. Master of Science Dissertation. Tribhuvan University Institute of Agriculture and Animal Science Rampur, Chitwan, Nepal.

- Mohamad Naim, N. (2017). *Kesan kaedah semaian ke atas prestasi tumbesaran anak benih padi di sawah*. Degree of Science Dissertation. Universiti Malaysia Sabah.
- Othman, S., Abd Razak, H., & Rukunuddin, I. H. (2005). CREST-FERTO: A decision support system for crop setting and fertilizer management to achieve sustainable target yield performance in precision rice farming. *Proc. of the National conference on AgrICT 2005, 27–28 Sept. 2005, Kuala Lumpur*.

Ringkasan

Pada masa kini kerja menentukan kepadatan populasi pokok padi dijalankan secara manual dengan membilang jumlah anak pokok padi di dalam kuadrat segi empat sama logam. Amalan ini memakan masa yang lama, memerlukan tenaga kerja yang ramai dan kos yang tinggi. Satu kaedah automatik pengiraan bilangan anak pokok dengan menggunakan teknik pemprosesan imej digital diperkenalkan untuk mengatasi masalah tersebut. Perisian pemprosesan imej digital *PCI Geomatics* digunakan untuk mengkelaskan semua imej digital tanaman padi kepada bahagian tanaman dan bukan tanaman. Keluasan bahagian kanopi tanaman di dalam kuadrat logam bagi setiap pengelasan imej dikira oleh perisian dan dihubungkan dengan bilangan anak pokok dengan menggunakan analisis regresi linear. Keputusan analisis perhubungan menunjukkan bahawa keluasan kanopi tanaman mempunyai hubungan yang amat rapat dengan bilangan anak pokok padi dengan nilai pekali penentuan (r^2) bersamaan 0.8328. Satu model linear juga dibangunkan daripada analisis tersebut untuk menganggarkan bilangan anak pokok padi. Model tersebut telah diverifikasi berdasarkan kejituan penganggaran bilangan anak pokok. Keputusan menunjukkan bahawa model tersebut mampu menganggarkan bilangan anak pokok dengan purata kejituan 92.17%. Oleh itu, teknik pemprosesan imej digital didapati praktikal, boleh dipercayai dan berkesan dalam penganggaran bilangan anak pokok untuk pemantauan kepadatan populasi pokok padi.

Summary

Currently, the population density is determined by manually counting the tiller number of total rice plants in a square metal frame. Generally, several random sampling locations of a paddy plot were selected to perform tiller counting. This is time consuming, labour intensive and costly. An automatic counting tiller number method using digital image processing technique was introduced to overcome the problem. *PCI Geomatics* image processing software was used to classify all rice plant digital images into plant and non-plant regions by digital image processing technique. The area of canopies of plant region in square metal of each classified image was calculated by the software and used to correlate with tiller number using linear regression analysis. The result of the relationship analysis showed that the area of plant canopies has a high correlation with the number of tiller with a coefficient of determination (r^2) of 0.8328. A linear model was developed to estimate tiller number in the analysis. The model was verified in terms of tiller number estimation accuracy. The verification result showed that, the model was capable estimating tiller numbers with 92.17% average accuracy. Hence, the image processing technique is practical, feasible and effective in estimating tiller number for monitoring of rice plant population density.

Pengarang

Teoh Chin Chuang (Dr.)

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

E-mel: cchin@mardi.gov.my

Mohd Khairil Izani Ishak

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