

Pengesyoran kadar baja lokasi spesifik padi bagi luar jelapang negeri Perak menggunakan teknologi RiceFERT (*Site-specific fertiliser recommendations for rice in non-granary areas of Perak using RiceFERT technology*)

Theeba Manickam, Muhammad Zamir Abdul Rasid, Hasliana Kamaruddin, Muhammad Muzzammil Mohamad Nizar dan Ezrin Amira Kamal Baharin

Kata kunci: kadar baja, lokasi spesifik, luar jelapang, model RiceFERT

Pengenalan

Pemberian baja subsidi padi secara *blanket* melalui Skim Baja Padi Kerajaan Persekutuan (SBPKP) dan Skim Intensif Pengeluaran Padi (SIPP) tanpa mengambil kira keperluan nutrien sebenar tanah berisiko menyebabkan pembajaan berlebihan atau tidak mencukupi, sekali gus menjejaskan kecekapan penggunaan baja, hasil tanaman dan alam sekitar. Senario semasa menunjukkan kadar nitrogen (N) yang dibekalkan sering melebihi keperluan sebenar di beberapa lokasi, manakala kadar fosforus (P) dan kalium (K) masih tidak mencukupi untuk mencapai sasaran hasil tinggi. Oleh itu, pendekatan pengesyoran baja secara lokasi spesifik berdasarkan kapasiti dan potensi sebenar tanah adalah penting bagi mengoptimumkan pembajaan, mengurangkan pembaziran input serta meningkatkan hasil dan pulangan pelaburan baja. Sistem Pengurusan Nutrien Spesifik [*Site Specific Nutrient Management* (SSNM)] dibangunkan dengan mengintegrasikan formulasi kadar nutrien NPK daripada model RiceFERT dan teknologi geospasial bagi menyokong pengesyoran kadar baja lokasi spesifik tanaman padi. Pembangunan sistem ini memerlukan beberapa input utama, termasuk nilai nutrien tersedia tanah, kesuburan tanah [pH dan kadar pertukaran kation (KPK)], ketumpatan pukal tanah, sasaran hasil padi mampu capai serta keperluan jumlah dan nisbah nutrien tanaman pada peringkat kritikal pertumbuhan. Analisis kimia dan fizikal tanah dijalankan menggunakan kaedah piawai oleh pihak Jabatan Pertanian Malaysia bagi memastikan ketepatan data input yang digunakan dalam pengiraan kadar baja.

Penentuan sasaran hasil padi mampu capai, sederhana tinggi dan tinggi (5 – 8 t/ha) dalam sistem ini adalah berdasarkan potensi tanah, rekod purata hasil musim terdahulu, potensi varieti dan kapasiti pengurusan ladang. Keperluan nutrien tanaman padi ditentukan mengikut sasaran hasil dan dibahagikan mengikut peringkat kritikal pertumbuhan iaitu peringkat anak benih, vegetatif, pembentukan tangkai dan pengisian tangkai. Pendekatan ini memastikan pembekalan nutrien adalah seimbang dan sejajar dengan keperluan fisiologi tanaman, seterusnya meningkatkan kecekapan penggunaan nutrien dan hasil tanaman. Model RiceFERT menggunakan konsep *adjustable equation* berasaskan keputusan analisis tanah dan sasaran hasil untuk mengira kadar baja lokasi spesifik. Pengesyoran kadar baja ini boleh dilaksanakan secara mikro bagi skala kecil atau secara makro bagi

kawasan jelapang berskala besar melalui integrasi dengan Sistem Maklumat Geografi (GIS). Pendekatan ini berfungsi sebagai sistem sokongan keputusan [*decision support system* (DSS)] yang berkesan untuk membantu petani dan pembuat dasar dalam merancang strategi pembajaan padi yang lebih tepat, mampan dan berimpak tinggi.

Pengesyoran kadar baja lokasi spesifik padi luar jelapang negeri Perak

Di bawah projek khas Kementerian Pertanian dan Keterjaminan Makanan (KPKM) yang diketuai oleh Jabatan Pertanian Malaysia (DOA), program *Soil Profiling* dan Pengesyoran Nutrien Secara Lokasi Spesifik bagi tanaman padi telah berjaya dibangunkan bagi semua jelapang utama padi di Malaysia seperti Kawasan Pembangunan Pertanian Bersepadu (IADA) Pulau Pinang, IADA Kemasin Semerak, IADA Barat Laut Selangor dan lain-lain pada fasa awal pelaksanaan. Pendekatan ini bertujuan memastikan pembajaan yang lebih tepat, efisien dan selari dengan keperluan sebenar tanah serta tanaman. Pada fasa seterusnya, pembangunan pengesyoran ini telah diperluaskan ke kawasan luar jelapang seperti negeri Melaka, Kelantan dan Johor yang turut memainkan peranan penting dalam menyumbang kepada pengeluaran padi negara. Pengesyoran kadar baja lokasi spesifik bagi kawasan luar jelapang iaitu negeri Perak menjadi fokus penulisan ini kerana ia merupakan antara kawasan yang signifikan dengan keluasan keseluruhan sekitar 6,244 hektar (ha) dan berfungsi sebagai salah satu kawasan pengeluaran padi yang menyumbang kepada purata hasil nasional.

Kawasan luar jelapang ini melibatkan lima daerah, merangkumi sebanyak 25 skim pengairan di seluruh negeri Perak (*Jadual 1*). Hasil analisis kimia tanah menunjukkan nilai purata pH tanah adalah sekitar 5.5 iaitu pada tahap sederhana berasid, manakala nilai KPK tanah adalah sekitar 10.3 cmol(+)/kg tanah yang dikategorikan sebagai rendah. Ciri-ciri ini menunjukkan tahap kesuburan tanah yang sederhana subur dan keupayaan tanah yang rendah untuk menyediakan nutrien untuk tanaman, menjadikan kawasan ini hanya dapat mencapai hasil purata pengeluaran padi bawah 3 t/ha. Keadaan ini menunjukkan kebarangkalian amalan pembajaan sedia ada kurang optimum kerana pemberian baja tidak berpandukan status semasa kesuburan tanah di kawasan tersebut, menyebabkan kadar nutrien (NPK) yang diberi tidak mengikut keperluan sebenar tanaman di kawasan tersebut. Sehubungan itu, pembangunan dan pelaksanaan sistem pengesyoran kadar baja secara lokasi spesifik ini amat diperlukan bagi kawasan luar jelapang negeri Perak. Pendekatan ini juga dijangka dapat memastikan bekalan nutrien yang lebih tepat dan seimbang mengikut sifat tanah setempat, sekali gus meningkatkan kecekapan penggunaan baja, memperbaiki kesuburan tanah, meningkatkan hasil padi serta menyumbang kepada pengeluaran padi negara secara mampan.

Jadual 1. Keluasan, varieti dan purata hasil padi mengikut daerah dan skim di luar jelapang negeri Perak

Daerah	Nama skim	Keluasan (ha)	Varieti (H)				Jumlah	Purata hasil tiga musim
			MR 220 CL 2	MR 219	MR 269	MR 297 MR 315		
Larut Matang dan Selama	S. K. Sg. Berdarah	89.39			30	30	1.94	
	S. K. Sg. Damak	20.11			20	20	T.D	
	S. K. Sg. Garouk	56.75	15		37	52	T.D	
	S. K. Sg. Nor	61.67			34	34	2.88	
	S. K. Sg. Simpol Kiri	19.48			28	28	2.85	
	S. K. Sg. Segar	52.91			60	60	1.86	
	S. K. Jemerang Setar	89.60		35	70	105	1.36	
	S. K. Batu Kurau	149.92			8.5	124	3.15	
	S. K. Jelai serta Tambahan	34.51			39	39	1.21	
Keseluruhan daerah LMS		676.77	15	35	115.5	326.5	0	492
Kuala Kangsar	S. K. Chepias	78.86			68	68	4.30	
	S. K. Jeliang	26.60			33.3	33.3	T.D	
	S. K. Kota Lama Kiri	64.02			31	31	T.D	
	S. K. Talang	46.56			64	64	T.D	
	S. K. Beluru	88.23			85	85	4.34	
S. K. Kota Lama Kanan/Sayong	148.71			138	138	3.14		

(Samb.)

Jadual 1. Samb.

Daerah	Nama skim	Keluasan (ha)	Varieti (H)			Jumlah	Purata hasil figa musim	
			MR 220 CL 2	MR 219	MR 269			MR 297
Keseluruhan Kuala Kangsar		452.98	0	101.3	318	0	419.3	
Perak Tengah	S. K. Lambor Kiri	161.40			167		167	3.23
	S. K. Parit/Bukit Chupak Merua	162.02		84			84	2.93
	S. K. Senin	89.71		111			111	T.D
	S. K. Bota Lambor	677.98		142	614		756	2.94
	S. K. Seberang Perak Pkt 1 Blok A	504.23			724	39	763	2.95
	S. K. Seberang Perak Pkt 1 Blok B	963.59		200	579		779	3.21
Keseluruhan Perak Tengah	S. K. Seberang Perak Pkt 1 Blok C	652.46		150	350		500	T.D
		3211.39	0	687	2434	39	3160	
Hilir Perak	S. K. Changkat Jong Sek A	914.85	38.6		908.9	19.5	967	4.56
	S. K. Changkat Jong Sek B	960.83	36.2		852.5	18.3	907	4.88
Keseluruhan Hilir Perak		1875.68	74.8	0	1761.4	37.8	1874	
Hulu Perak	S. K. Lenggong	27.90			26		26	1.70
Keseluruhan Hulu Perak		27.90	0	0	26	0	26	T

T.D. = Data tidak diperoleh

Kaedah penjaanaan kadar baja lokasi spesifik menggunakan Model RiceFERT

Input sistem – data fizikal dan kimia tanah

Rekod dan data nutrien tanah diperlukan sebagai input utama untuk dimasukkan ke dalam Sistem RiceFERT (*Jadual 2*). Data tersebut diperoleh daripada analisis fizikal dan kimia tanah oleh Jabatan Pertanian Malaysia (DOA) menerusi siri aktiviti siasatan tanah di seluruh kawasan jelapang padi negara.

Jadual 2. Kemasukan input ke dalam Model RiceFERT

Parameter	Unit
Hasil sasaran mampu capai tiga musim	t/ha
Varieti padi yang diguna	-
Nutrien tanah:	
Nitrogen (N)	% ppm
Kalium (K)	cmol(+)/kg tanah
pH	-
Ketumpatan pukal tanah	kg/m ³
KPK tanah	cmol(+)/kg tanah

Konsep pengiraan

a) Kadar baja

$$\text{Kadar baja} = \frac{[\text{keperluan nutrien untuk bijirin padi NPK (kg/t)}]}{[\text{CF}] \times 100 \times \text{T (t/ha)} - [\text{CS (\%)}] / [\text{CF}] \times [\text{kandungan NPK tanah kg/ha}]}$$

Petunjuk:

CF = Kapasiti bekalan nutrien daripada baja

CS = kapasiti bekalan nutrien daripada tanah

T = Sasaran hasil mampu capai

NPK = Nutrien tersedia tanah

b) Pengiraan CS dan CF bagi pengiraan baja

Kadar julat CS dan CF telah dibangunkan melalui beberapa kajian lapangan di MARDI mengikut zon kesuburan

CS% = Pengambilan nutrien pokok (NPK) dalam plot kawalan (plot tiada baja) berdasarkan nutrien tersedia (NPK) dalam tanah dan KPK tanah

Output sistem – Kadar nutrien N, P₂O₅ dan K₂O

Sistem RiceFERT akan membuat kiraan output menggunakan pengaturcaraan *Visual Basic*. Tiga jenis output daripada sistem tersebut adalah seperti yang berikut:

- i. Jumlah pengesyoran kadar baja NPK padi bagi satu musim penanaman padi.
- ii. Kadar dan nisbah nutrien (NPK) mengikut empat peringkat pertumbuhan kritikal pokok.

- iii. Pengiraan formulasi baja tunggal mengikut kadar NPK yang disyorkan (Urea, DAP TSP, MOP) mengikut empat peringkat pertumbuhan kritikal pokok.

Kaedah pengesyoran baja secara makro dan mikro

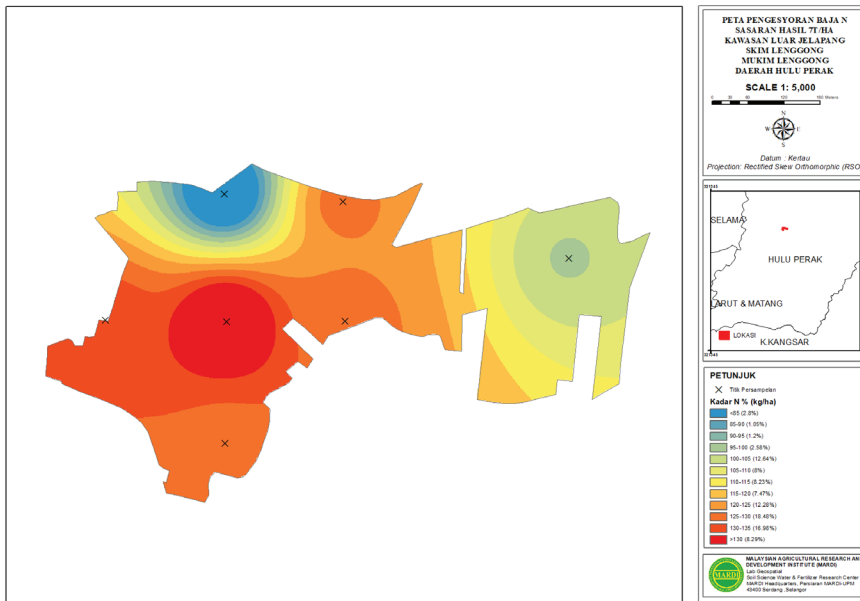
Kaedah pengesyoran kadar baja dalam sistem RiceFERT dilaksanakan secara mikro atau makro bergantung kepada skala kawasan dan keperluan pengurusan. Pengesyoran secara mikro adalah berasaskan kandungan nutrien tanah bagi setiap plot individu pada skala kecil, lazimnya melibatkan kawasan lokaliti sekitar 2 hektar. Kaedah ini menggunakan sistem RiceFERT dalam bentuk program *Visual Basic Standalone*, di mana satu set input data tanah akan menghasilkan satu output pengesyoran kadar baja khusus bagi plot tersebut. Pendekatan ini sesuai untuk analisis terperinci dan pengurusan nutrien yang lebih tepat di peringkat ladang individu.

Sebaliknya, pengesyoran kadar baja secara makro diaplikasikan bagi kawasan yang lebih luas dengan mengambil kira kadar NPK yang disyorkan bagi zon kesuburan dominan melebihi 60% daripada keseluruhan kawasan. Kaedah ini menggunakan formulasi daripada model RiceFERT yang diintegrasikan ke dalam aplikasi *Visual Basic* yang membolehkan pemprosesan data dalam jumlah besar dan penjaan pelbagai output secara serentak. Pendekatan makro adalah lebih sesuai untuk pengurusan nutrien di peringkat jelapang padi atau kawasan pengeluaran berskala besar, di mana keputusan pembajaan perlu diseragamkan berdasarkan taburan kesuburan tanah yang dominan. Rekod output pengesyoran kadar baja kemudiannya ditukarkan ke dalam format GIS bagi tujuan pemetaan, visualisasi dan sokongan keputusan (*Gambar rajah 1*). Bagi kawasan luar jelapang iaitu negeri Perak, kaedah pengesyoran kadar baja yang digunakan adalah secara makro berdasarkan kadar NPK bagi kawasan dominan melebihi 60%.

Pengesyoran kadar baja lokasi spesifik luar jelapang (negeri Perak)

Maklumat kesuburan tanah seperti nilai pH, KPK, purata hasil padi dan kadar pengesyoran baja lokasi spesifik untuk sawah padi luar jelapang bagi negeri Perak ditunjukkan seperti dalam *Jadual 3*. Pengesyoran baja dibangunkan berdasarkan tiga aras sasaran hasil iaitu 6 t/ha, 7 t/ha dan 8 t/ha dengan kadar nutrien yang meningkat selari dengan sasaran hasil bagi memastikan keperluan tanaman dipenuhi secara optimum. Pengesyoran kadar baja daripada model RiceFERT menunjukkan perbezaan kadar yang ketara mengikut daerah dan skim sawah padi yang dipengaruhi oleh variasi hasil purata, pH tanah, KPK serta status kandungan nutrien utama seperti nitrogen (N), fosforus (P_2O_5) dan kalium (K_2O).

Di daerah Hulu Perak, skim sawah seperti S. K. Kerenggah, Jelai, Tambahan, Jeranggah dan Sungai Bedarah menunjukkan tanah dengan nilai KPK yang berada pada tahap sederhana hingga tinggi (8.21 – 14.42 cmol(+)/kg) dengan status pH tanah sederhana berasid. Keperluan kadar N bagi sasaran hasil 7 t/ha ialah 110 – 120 kg N/ha, melebihi kadar subsidi semasa (104 kg N/ha), manakala keperluan



Gambar rajah 1. Peta kadar baja luar jelapang negeri Perak di Skim Lenggong daerah Hulu Perak

P_2O_5 dan K_2O adalah sama atau lebih sedikit berbanding dengan kadar subsidi semasa. Keadaan ini menunjukkan bahawa kawasan luar jelapang juga berpotensi mencapai hasil yang lebih tinggi serta meningkatkan keupayaan tanah untuk memegang nutrien melalui pengoptimuman kadar baja untuk meningkatkan pengeluaran. Di daerah Larut Matang dan Selama, nilai KPK tanah adalah sederhana ($8.97 - 10.76 \text{ cmol}(+)/\text{kg}$) dengan keperluan nutrien yang lebih seimbang, tetapi masih menggunakan pendekatan spesifik lokasi. Kadar K_2O bagi sasaran hasil $7 - 8 \text{ t/ha}$ meningkat kepada $75 - 80 \text{ kg/ha}$, manakala N bagi sasaran 6 t/ha ($95 - 100 \text{ kg/ha}$) setara atau lebih rendah daripada subsidi semasa. Berdasarkan pengesyoran lokasi spesifik bagi dua daerah ini, ia menunjukkan potensi pengurangan input N tanpa menjejaskan hasil bagi sasaran sederhana ($6 - 7 \text{ t/ha}$).

Daerah Kuala Kangsar yang mempunyai skim sawah seperti S. K. Jelai, Kota Lama Kiri dan Kanan/Sayong menunjukkan keperluan N sederhana ($90 - 100 \text{ kg/ha}$ bagi sasaran 6 t/ha), tetapi keperluan P_2O_5 dan K_2O meningkat ($55 - 60 \text{ kg } P_2O_5/\text{ha}$ dan $80 - 85 \text{ kg } K_2O/\text{ha}$) bagi sasaran hasil tinggi (8 t/ha). Hal ini menunjukkan bahawa kadar subsidi semasa berisiko mengehadkan hasil sekiranya sasaran pengeluaran dinaikkan berdasarkan sistem RiceFERT. Di daerah Perak Tengah, beberapa skim seperti S. K. Botak Lambor dan Lambor Kiri mempunyai nilai KPK yang tinggi ($12.59 - 15.23 \text{ cmol}(+)/\text{kg}$), menunjukkan kapasiti pegangan nutrien yang lebih baik. Nilai KPK yang tinggi ini menjadikan pengesyoran kadar N lebih rendah ($85 - 95 \text{ kg N/ha}$) bagi sasaran hasil $6 - 7 \text{ t/ha}$ iaitu jauh lebih rendah daripada kadar subsidi semasa. Walau bagaimanapun, pengesyoran K_2O bagi sasaran hasil tinggi tetap melebihi subsidi (hingga 80 kg/ha) untuk menyokong pengeluaran hasil yang lebih tinggi terutamanya di

Jadual 3. Kadar baja N, P dan K mengikut daerah dan skim di luar jelapang negeri Perak

Daerah	Skim sawah padi	Purata hasil (t/ha)	pH	KPK (cmol(+)/kg tanah)	Pengesyoran 6 t/ha			Pengesyoran 7 t/ha			Pengesyoran 8 t/ha		
					N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Kg/ha													
Hulu Perak	S. K. Lenggong	1.70	6.24	7.95	105	50	75	115	60	80	120	70	85
Larut Matang dan Selama	S. K. Batu Kurau	3.15	5.77	11.45	85	35	65	90	40	70	100	45	75
	S. K. Jelai serta Tambahan	1.21	5.80	12.16	95	30	65	110	35	70	120	40	75
	S. K. Jemerang Setar	1.36	5.31	14.15	100	35	65	110	40	75	120	45	80
	S. K. Sg. Berdarah	1.94	4.86	8.21	95	40	65	110	45	75	120	55	80
	S. K. Sg. Damak	T. D	5.06	10.76	95	35	65	100	40	75	115	45	80
	S. K. Sg. Garok	T. D	5.18	14.42	100	40	70	110	50	75	120	55	80
Kuala Kangsar	S. K. Sg. Nor	2.88	5.27	9.35	100	35	65	110	40	75	120	45	80
	S. K. Sg. Segar	1.86	5.22	8.97	95	35	65	110	40	70	120	45	80
	S. K. Sg. Sempol Kiri	2.85	5.44	9.52	110	45	70	115	50	75	120	55	80
	S. K. Beluru	4.34	5.60	8.14	105	45	75	115	55	80	120	65	85
Kuala Kangsar	S. K. Chepias	4.30	5.43	7.70	90	45	75	115	50	80	120	60	85
	S. K. Jeliang	T. D	4.96	7.46	100	40	70	110	50	75	115	55	85
	S. K. Kota Lama Kiri	T. D	5.34	12.01	90	45	60	105	55	75	125	60	80
	S. K. Kota Lama Kanam/Sayong	3.14	5.18	9.66	95	45	65	115	55	75	125	60	80
	S. K. Talang	T. D	5.37	5.12	110	45	70	120	55	75	130	60	85

(Samb.)

Jadual 3. (Samb.)

Daerah	Skim sawah padi	Purata hasil (t/ha)	pH	KPK (cmol(+)/kg tanah)	Pegesyoran 6 t/ha			Pegesyoran 7 t/ha			Pegesyoran 8 t/ha		
					N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Kg/ha													
Perak Tengah	S. K. Parit	2.93	5.39	14.55	85	40	65	95	50	75	110	55	80
	S. K. Bota Lambor	2.94	5.17	12.59	85	45	65	95	50	75	115	55	80
	S. K. Lambor Kiri	3.23	5.13	15.23	85	45	65	95	50	75	115	55	80
	S. K. Senin	T. D	5.09	13.25	85	40	70	90	50	75	100	60	80
	S. K. Seberang Perak Pkt 1 Blok A	2.95	5.21	9.12	85	40	70	90	45	75	100	50	80
	S. K. Seberang Perak Pkt 1 Blok B	3.21	5.23	13.88	85	40	60	95	45	65	100	50	75
Hilir Perak	S. K. Seberang Perak Pkt 1 Blok C	T. D	5.39	11.58	85	40	70	90	45	75	100	55	80
	S. K. Changkat Jong Seksyen A	4.56	5.28	14.08	85	40	60	95	45	70	100	50	80
	S. K. Changkat Jong Seksyen B	4.88	5.44	8.07	90	40	70	100	45	80	105	85	85

T. D. = Tiada Maklumat

S. K. = Skim Kawasan

kawasan yang mengusahakan padi di tanah aluvium secara intensif. Daerah Hilir Perak pula mempunyai tanah yang hampir neutral (pH 5.2 – 5.4) dengan hasil purata padi lebih tinggi daripada daerah yang lain (hasil purata > 4.5 t/ha). Bagi sasaran hasil 6 t/ha, kadar N disyorkan adalah lebih rendah daripada subsidi semasa (85 – 90 kg N/ha), manakala kadar P_2O_5 adalah setara (40 kg/ha) bagi daerah ini. Bagi sasaran hasil 8 t/ha pula, keperluan N dan K_2O meningkat kepada 100 – 105 kg N/ha dan 80 – 85 kg K_2O /ha, menunjukkan bahawa pembajaan tambahan diperlukan untuk mencapai potensi hasil maksimum.

Berdasarkan semua pengesyoran yang telah dibuat bagi beberapa daerah yang terlibat di negeri Perak, perbandingan pengesyoran baja lokasi spesifik dengan kadar subsidi semasa (N 104 kg/ha, P_2O_5 40 kg/ha, K_2O 60 kg/ha) menunjukkan bahawa bagi sasaran hasil sederhana (6 t/ha), kadar N dan P_2O_5 subsidi adalah mencukupi, malah beberapa skim menunjukkan potensi pengurangan N tanpa menjejaskan hasil dapat menjimatkan kos serta mengurangkan risiko kehilangan N ke persekitaran. Manakala bagi sasaran hasil tinggi (8 t/ha), kebanyakan skim memerlukan kadar N dan K_2O diperlukan melebihi kadar subsidi semasa, menunjukkan bahawa dasar subsidi semasa perlu diselaraskan mengikut status tanah dan potensi hasil bagi setiap daerah. Pengesyoran baja lokasi spesifik ini diharap dapat meningkatkan produktiviti, keberkesanan penggunaan baja serta kelestarian pengeluaran padi di luar jelapang yang difokuskan untuk negeri Perak.

Kesimpulan

Penggunaan teknologi RiceFERT, terutamanya apabila digabungkan dengan pemetaan GIS, membolehkan pengesyoran kadar pembajaan nitrogen (N), fosforus (P_2O_5) dan kalium (K_2O) dilakukan dengan lebih tepat berdasarkan lokasi mengikut spesifikasi tanah, jenis varieti, hasil purata di sawah padi bagi kawasan luar jelapang iaitu negeri Perak. Melalui pendekatan pengurusan nutrien spesifik lokasi ini, kadar baja dapat ditentukan pada skala makro dan mikro, bermula daripada peringkat keseluruhan jelapang, daerah, skim sawah, sehingga ke titik pensampelan individu. Sistem ini memudahkan kaedah membuat keputusan bagi pegawai pengembangan dan pesawah padi. Integrasi RiceFERT dengan pemetaan GIS membolehkan visualisasi spatial yang jelas mengenai taburan kesuburan tanah dan keperluan nutrien, sekali gus bertindak sebagai sistem sokongan keputusan (DSS) yang dapat membantu perancangan pembajaan secara berfasa dan bersasar. Dengan menggunakan pendekatan RiceFERT ini, pengurusan subsidi baja dapat dilaksanakan secara lebih efisien dan berasaskan data saintifik, di mana kadar pemberian baja diselaraskan mengikut status tanah dan sasaran hasil sebenar. Selain meningkatkan produktiviti dan keberkesanan kos, pendekatan ini turut menyokong inisiatif pertanian pintar dan mampan, memastikan kelestarian pengeluaran padi serta kesan minimum terhadap alam sekitar bagi kawasan luar jelapang.

Bibliografi

- Bera, R., Seal, A., Bhattacharyya, P., Das, T. H., Sarkar, D., & Kangjoo, K. (2006). Targeted yield concept and a framework of fertilizer recommendation in irrigated rice domains of subtropical India. *Journal of Zhejiang University Science B.*, 7(12), 963–968.
- Bray, R. H., & Kurtz, L. T. (1945). Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils. *Soil Science*, 59(1), 39–45.
- Dobermann, A., & White, P. F. (1998). Strategies for nutrient management in irrigated and rainfed lowland rice systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 53(1), 1–18.
- Rao, S., & Srivastava, S. (2000). Soil test based fertilizer use—a must for sustainable agriculture. *Fertilizer News*, 45, 25–38.
- Razak, A. H. (2005). *Systematic approach in precision fertilizer management for high yield rice production in the granary areas of Peninsular Malaysia* [Tesis Doktor Falsafah, Universiti Putra Malaysia].
- Theeba, M., Illani Zuraihah, I., Muhd Zamir, R., Mohd Naim, F. R., Mohd Azizi, R., Nor Ziana, Z. Z., Suhaila, A. B., Muhd Syahren, A., Nor Fadilah, A. H., Mohd Najib, M. Y., Haryati, M., Hishamuddin, A., Asnita, A. H., Zahida, Z., Mohd Taufik, M. Y., Masni, M., Khazana, I., Noranizam, M. S., Mohamad Zin, M. S., & Noor Mazirah, T. (2021). Pengesyoran kadar baja lokasi spesifik padi berasaskan kesuburan tanah setempat dan sasaran hasil padi mampu capai di Malaysia. Dalam: *Prosiding Seminar Kebangsaan Pertanian Tepat Padi 2021* (ms. 75–81), Pulau Pinang.
- Theeba, M., Muhd Zamir, A. R., Hasliana, K., Muhd Muzzammil, M. N., & Ezrin Amira, K. B. (2023). Pengesyoran kadar baja lokasi spesifik padi bagi luar jelapang Negeri Perak menggunakan teknologi RiceFERT. Dalam: *Laporan Pengurusan Nutrien Spesifik Padi* (Bab 4). Jabatan Pertanian Malaysia.
- Thomas, G. W. (1982). Exchangeable Cations. Dalam: A. L. Page (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties* (Edisi ke-2, Agronomy Monograph 9, ms. 159–165). American Society of Agronomy.
- Xavier, A. (1990). *Nitrogen response of direct seeded rice in Besut Irrigation Scheme* (Jilid 6). MARDI.
- Xavier, A., Lee, C. S., & Ramalah, J. (1993). *Combined analysis of yield data from multilocational fertilizer trial on rice* (Laporan MARDI No. 167). MARDI

Ringkasan

Pembangunan sistem pengesyoran baja lokasi spesifik melalui model RiceFERT bagi kawasan luar jelapang yang melibatkan negeri Perak merupakan langkah strategik untuk meningkatkan hasil padi nasional daripada aras rendah (<3 t/ha) kepada potensi maksimum (6 – 8 t/ha). Melalui integrasi teknologi Sistem Maklumat Geografi (GIS) dan kaedah analisis makro, sistem ini memberikan kadar input pembajaan yang lebih tepat berdasarkan status kesuburan tanah iaitu nilai KPK dan keperluan fisiologi tanaman pada peringkat kritikal. Hasil kajian di lima daerah utama (Hulu Perak, Larut Matang dan Selama, Kuala Kangsar, Perak Tengah dan Hilir Perak) menunjukkan variasi keperluan nutrien yang signifikan di mana tanah aluvium di Perak Tengah membolehkan pengurangan input nitrogen (N), manakala kawasan berpotensi tinggi seperti Hilir Perak memerlukan tambahan kalium (K_2O) melebihi kadar subsidi semasa untuk mencapai sasaran 8 t/ha. Secara keseluruhannya, pendekatan RiceFERT membuktikan bahawa dasar subsidi baja perlu diselaraskan mengikut spesifikasi lokasi bagi mengelakkan pembaziran input pada sasaran hasil rendah dan mengatasi kekurangan nutrien pada sasaran hasil tinggi. Pelaksanaan pendekatan ini bukan sahaja menjamin kecekapan kos dan kelestarian alam sekitar, malah berfungsi sebagai sistem sokongan keputusan yang berkesan bagi petani dan pembuat dasar dalam memacu keterjaminan makanan negara.

Summary

The development of site-specific fertiliser recommendations using the RiceFERT model, integrated with Geographic Information System (GIS) technology through macro-analytical methods, enables the precise determination of nutrient inputs based on soil fertility status. Model-based calculations and spatial estimations conducted across five key districts—Hulu Perak, Larut Matang and Selama, Kuala Kangsar, Perak Tengah and Hilir Perak—demonstrate substantial variability in nutrient requirements. For example, the alluvial soils of Perak Tengah support a reduction in nitrogen (N) application without compromising yield potential. In contrast, high-productivity areas such as Hilir Perak require potassium (K_2O) application rates exceeding the current subsidy levels to achieve a production target of 8 t/ha. Overall, outputs generated from the RiceFERT model indicate that fertiliser subsidy policies should be calibrated according to site-specific soil fertility and yield targets. This approach minimises nutrient wastage under moderate yield scenarios while preventing nutrient deficiencies at higher productivity levels. The implementation of this system enhances cost efficiency, promotes environmental sustainability and functions as an effective decision support system (DSS) for both farmers and policymakers in strengthening national food security.

Pengarang

Theeba Manickam

Pusat Penyelidikan Sains Tanah, Air dan Baja,
Ibu Pejabat MARDI, Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor
E-mel: theeba@mardi.gov.my

Muhammad Zamir Abdul Rasid, Hasliana Kamaruddin, Muhammad Muzzammil
Mohamad Nizar dan Ezrin Amira Kamal Baharin
Pusat Penyelidikan Sains Tanah, Air dan Baja,
Ibu Pejabat MARDI, Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor