

Baja pelepasan terkawal di sawah padi

(Controlled release fertilisers in rice field)

Mohamad Najib Mohd Yusof, Rosnani Harun dan Andrew Wong

Pengenalan

Beras merupakan makanan ruji rakyat Malaysia sebagai sumber karbohidrat yang penting dengan kadar penggunaan per kapita yang direkodkan pada tahun 2023 ialah 76.7 kg manakala kadar sara diri beras ialah 56.2% melalui hasil pengeluaran padi tempatan, manakala selebihnya diimport dari luar negara bagi memenuhi permintaan tempatan. Pembajaan merupakan antara faktor penting dalam memastikan pengeluaran padi yang lebih produktif. Kejayaan penggunaan baja adalah bergantung kepada kadar keperluan sebenar nutrien tanaman, tempoh kritikal keperluan tanaman, pengaruh status kesuburan tanah, cuaca dan kaedah aplikasi baja. Namun, kehilangan nutrien sering kali berlaku terutamanya kesan daripada pengaruh cuaca serta keupayaan baja itu sendiri dalam mengekalkan nutrien untuk keperluan tanaman. Contohnya baja urea yang lebih mudah meruap terutama ketika cuaca panas serta berangin, manakala pada musim hujan kehilangan baja urea berlaku melalui proses larut lesap seterusnya berupaya memberi kesan kepada ekosistem. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan bagi menangani cabaran ini adalah dengan penggunaan baja pelepasan terkawal (CRF) yang boleh meningkatkan kecekapan penggunaan nutrien, mengurangkan pembaziran sumber baja dan mengurangkan kesan kepada alam sekitar.

Apa itu baja pelepasan terkawal (CRF)?

Baja CRF merupakan baja yang melepaskan nutrien secara beransur-ansur dengan memadankan keperluan tanaman mengikut peringkat pertumbuhan pokok di sepanjang musim penanaman. Ia boleh disesuaikan berdasarkan keperluan nutrien sesuatu varieti padi. Baja CRF menggunakan pelbagai kaedah untuk mengawal pelepasan nutrien seperti teknologi salutan, enkapsulasi dan polimer matriks. Mekanisme ini mengawal kadar resapan dan pelarutan nutrien bagi memastikan bekalan yang berterusan kepada tanaman padi semasa tempoh penanaman. Justeru, kaedah pelepasan terkawal ini dapat meminimumkan kehilangan nutrien, meningkatkan kecekapan penggunaan nutrien dan akhirnya meningkatkan hasil dan kualiti tanaman. Kajian daripada Zhang et al. pada tahun 2018 mendapati bahawa penggunaan baja CRF di China dapat meningkatkan kecekapan penggunaan nitrogen sebanyak 47.8 – 48.3% berbanding dengan aplikasi konvensional menggunakan baja butiran urea, selain dapat meningkatkan hasil sebanyak 20.8% dan 28.7%. Sebaliknya, kaedah pembajaan konvensional yang diamalkan sekarang sering menyebabkan kehilangan nutrien melalui larut lesap nutrien,

pemeruapan dan larian permukaan, hal ini boleh menyebabkan pencemaran alam sekitar dan kesuburan tanah akan turut berkurangan. Di Malaysia, Sariam dan Khanif mendapati bahawa kecekapan penggunaan baja nitrogen dari sumber urea semakin berkurangan seiring dengan penurunan aras air dalam sawah iaitu sebanyak 47.7% dalam keadaan air bertakung, 43.2% pada tahap tepu dan 30.4% pada tahap keupayaan ladang. Ini menunjukkan masih terdapat pembaziran sumber baja yang selama ini hilang ke persekitaran seterusnya menyumbang kepada kesan rumah hijau.

Penggunaan baja CRF adalah dengan sekali aplikasi sahaja iaitu pada peringkat awal benih padi ditabur bagi kaedah tabur terus atau pada peringkat anak padi ditanam bagi kaedah mencedung berbanding dengan kaedah pembajaan semasa iaitu sebanyak empat kali aplikasi (peringkat tiga helai daun, peringkat beranak aktif, peringkat awal pembentukan tangkai dan peringkat keluar tangkai). Pengurangan dalam bilangan aktiviti pembajaan ini dapat memberi kelebihan dari segi penjimatan masa dan berupaya mengurangkan kos perkhidmatan aktiviti pembajaan.



Gambar 1. Baja sebatian dan baja tunggal daripada Skim Bantuan Padi Kerajaan Persekutuan (SBPKP) dan Skim Insentif Pengeluaran Padi (SIPP)

Keberkesanan baja pelepasan terkawal dalam tanaman padi

Penggunaan baja CRF dalam industri pengeluaran padi di Malaysia agak baharu berbanding dengan penggunaannya dalam industri pengeluaran minyak sawit. Bagi menguji keberkesanan baja CRF untuk tanaman padi di sawah, baja komersial di pasaran dengan nama dagangan SK COTE iaitu SK Cote 43:0:0 + TE, SK Cote 23:9:13 + TE (Gambar 2) dan SK Cote 23:9:13 + TE + mikrob telah diuji keberkesanannya dengan kerjasama antara Institut Penyelidikan dan Kemajuan Pertanian Malaysia (MARDI) dan Smart Fert Sdn. Bhd. pada sawah padi selama dua musim berturut-turut. Kajian ini melibatkan tujuh rawatan seperti *Jadual 1* bagi menilai keberkesanan penggunaan baja CRF dalam penanaman padi sawah di Malaysia.

Penggunaan baja CRF didapati dapat memberi kesan ketara terhadap parameter tinggi pokok dan seterusnya turut mempengaruhi panjang tangkai padi berbanding dengan rawatan tanpa baja (T1) mahupun dengan penggunaan baja butiran tanpa salutan (T2) bagi kedua-dua musim penanaman seperti dalam *Rajah 1* dan *Rajah 2*.

Dalam kajian ini juga, didapati tidak terdapat perbezaan yang signifikan kesan rawatan baja terhadap bilangan tangkai per meter persegi, bilangan biji per tangkai, dan peratus biji bernas per tangkai bagi kedua-dua musim (*Jadual 2*). Namun, pada musim kedua, terdapat perbezaan ketara pada berat seribu biji diperhatikan antara rawatan tanpa baja (T1) dengan rawatan yang lain dengan penggunaan baja. Walau bagaimanapun, tiada terdapat perbezaan yang signifikan antara rawatan pembajaan T2 hingga T6 (*Jadual 2*).



Gambar 2. Baja pelepasan terkawal yang digunakan dalam kajian

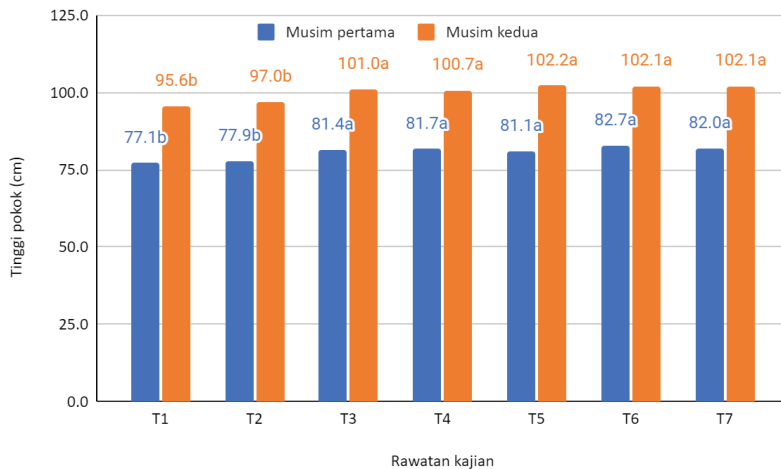


Gambar 3. Bentuk baja pelepasan terkawal yang digunakan dalam kajian

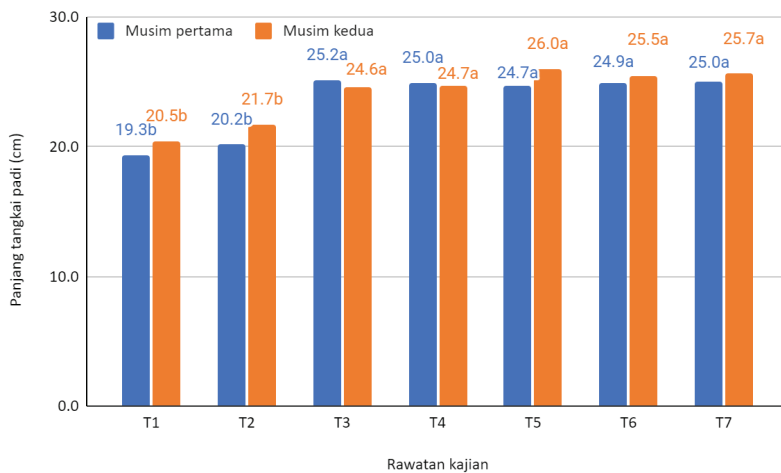
Jadual 1. Rawatan yang diuji bagi kajian keberkesanan baja CRF terhadap tanaman padi

Label	Rawatan baja	Jumlah kandungan nutrien (kg/ha)	Jumlah berat sumber baja (kg/ha)	Catatan
T1	Tiada sebarang pembajaan	0:0:0	0	Keupayaan tanah membekal nutrien
T2	SBPKP + SIPP	104.3:41.7:61.5	370	Pembajaan semasa
T3	SK Cote (43:0:0 + TE) + TSP + MOP	52.7: 41.7: 61.5	315.24	Kurang hampir 50% nutrien N daripada T2 dan pengekalan nutrien P dan K
T4	SK COTE (43:0:0+TE) + TSP + MOP	104.3:41.7:61.5	435.71	100% nutrien N yang disalut dan pengekalan nutrien P dan K
T5	SK COTE 3 (23:9:13 + TE)	52.5:21.2:31.5	228	Hampir separuh jumlah nilai nutrien T2
T6	SK COTE (23:9:13+TE)	104.3:42.3:62.8	455	Menghampiri jumlah nilai nutrien T2
T7	SK COTE (23:9:13+TE+Microbes)	52.5:21.2:31.5	228	Hampir separuh jumlah nilai nutrien T2 bersama tambahan mikrob

TSP: Triple super phosphate; MOP: Muriate Of Potash; TE: Unsur surih



Rajah 1. Kesan rawatan kajian terhadap tinggi pokok padi pada peringkat padi matang



Rajah 2. Kesan rawatan kajian terhadap panjang tangkai padi pada peringkat padi matang

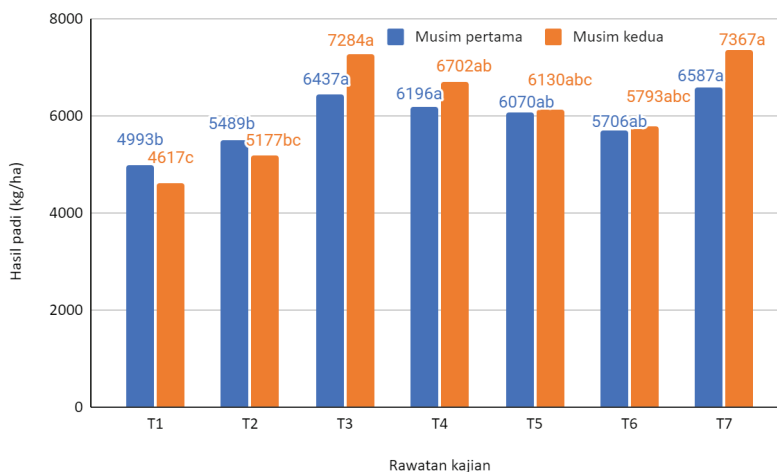
Hasil padi didapati terkesan dengan rawatan kajian bagi kedua-dua musim kajian dengan hasil terendah adalah pada rawatan tanpa baja (T1) diikuti rawatan dengan penggunaan baja butiran pembajaan semasa tanpa sebarang salutan baja (T2) seperti dalam *Rajah 3*. Manakala rawatan yang memberikan kesan positif terhadap hasil adalah rawatan T3 dan T7 iaitu rawatan gabungan baja CRF bersama baja TSP dan MOP (T3) dan rawatan dengan hampir separuh jumlah nilai nutrien pada rawatan T2 serta gabungan mikrob (T7) seperti dalam *Rajah 3*.

Penilaian ekonomi penggunaan baja CRF dalam penanaman padi dilaksanakan untuk menentukan tahap daya maju penggunaannya. Kaedah aplikasi baja CRF sekali untuk semusim memberikan penjimatan kos upah membaja kepada petani sehingga 75%. Walau bagaimanapun, didapati kos input baja CRF pada RM1,185.60/ha ialah 15% lebih tinggi daripada kos baja subsidi kerajaan RM1,031.00/ha. Namun, walaupun terdapat peningkatan kos input baja, dengan peningkatan hasil penggunaan baja CRF telah memberikan pendapatan kasar yang lebih tinggi kepada petani bagi kedua-dua musim penanaman. *Jadual 3* menunjukkan jumlah kos pengeluaran plot CRF adalah lebih tinggi daripada plot kawalan disebabkan oleh kos upah menuai yang bergantung kepada hasil tan per hektar iaitu RM100/tan. Analisis kos faedah menunjukkan penggunaan baja CRF adalah berdaya maju dan lebih menguntungkan kepada petani berbanding dengan penggunaan baja subsidi semasa seperti dalam *Jadual 3*.

Selain itu, analisis belanjawan separa juga menunjukkan faedah melebihi implikasi bagi kedua-dua musim penanaman (*Jadual 3*). Belanjawan separa menunjukkan terdapat pengurangan kos bagi penggunaan baja CRF berbanding dengan penggunaan baja subsidi padi sebanyak RM304.6/ha. Perbezaan faedah dan implikasi adalah sebanyak RM1,726.70/ha dan RM3,746.90/ha masing-masing bagi Musim 1 dan Musim 2. Oleh itu, dapat dirumuskan bahawa perubahan penggunaan baja CRF boleh diterima oleh petani kerana faedah yang diperoleh dari segi pendapatan adalah lebih tinggi daripada implikasi dalam peningkatan kos.

Jadual 2. Kesan rawatan kajian terhadap parameter bilangan tangkai per meter persegi, bilangan biji per tangkai, peratus biji bernaas dan berat seribu biji

Rawatan baja	Musim pertama				Musim kedua			
	Bil. tangkai / m ²	Bil. Biji/tangkai	Biji bernaas (%)	Berat seribu biji (g)	Bil. tangkai / m ²	Bil. biji/tangkai	Biji bernaas (%)	Berat seribu biji (g)
T1	485	91	67.00	25.25	443	84	59.25	23.50 ^b
T2	493	83	68.25	25.50	458	88	62.75	24.75 ^a
T3	520	92	73.25	25.50	479	99	66.00	25.50 ^a
T4	505	98	72.00	26.00	485	105	64.50	25.50 ^a
T5	552	99	73.75	25.75	474	97	68.25	25.50 ^a
T6	578	86	71.25	25.50	462	100	65.50	25.50 ^a
T7	555	91	72.50	25.75	479	91	63.75	25.50 ^a
Pekali variasi	15.51	14.27	5.31	2.31	7.01	16.63	7.04	2.02



Rajah 3. Kesan rawatan kajian terhadap hasil padi

Jadual 3. Analisis Kos Faedah (BCR) dan belanjawan separa penggunaan teknologi baja pelepasan terkawal (CRF) berbanding dengan baja subsidi

Perkara	Musim pertama		Musim kedua	
	CRF (T7)	Baja subsidi (T2)	CRF (T7)	Baja subsidi (T2)
Hasil bersih (tan/ha)	6.587	5.489	7.367	5.177
Pendapatan kasar (RM/ha)	RM12,185.95	RM10,154.65	RM13,628.95	RM9,577.45
Kos pengeluaran (RM/ha)	RM5,491.38	RM5,376.98	RM5,569.38	RM5,345.78
Nisbah Kos Faedah (BCR)	2.22	1.89	2.45	1.79
Perbezaan faedah (+) dan implikasi (-)	RM1,726.70		RM3,746.90	

Nota: Kos baja adalah berdasarkan harga baja subsidi kontrak NAFAS sehingga Jun 2021, status tanah milik sendiri dan kaedah penanaman menggunakan mesin tanam. Pengiraan kos pengeluaran adalah dengan andaian subsidi lain diterima oleh petani bagi kedua-dua plot tanaman.

Kesimpulan

Baja CRF merupakan teknologi dalam industri baja yang perlu diterokai penggunaannya dalam pelbagai industri tanaman khususnya padi yang merupakan sekuriti makanan negara. Terdapat potensi penggunaan teknologi baja ini dalam industri pengeluaran padi memandangkan teknologi baja ini boleh direka kesesuaiannya seiring dengan keperluan nutrien pokok padi. Melalui kajian ini, baja daripada rawatan T7 masih berupaya memberi impak peningkatan hasil padi sebanyak 20 – 42%. Penggunaan baja CRF menunjukkan ia lebih berdaya maju dan boleh disyorkan kepada petani kerana faedah yang diperoleh dari segi pendapatan adalah lebih tinggi daripada implikasi dalam peningkatan kos. Pembajaan CRF berpotensi untuk dijadikan sebagai baja subsidi padi kerana dapat meningkatkan hasil padi

dan secara tidak langsung mengurangkan kesan pencemaran alam sekitar bagi menjamin kelestarian pengeluaran padi negara.

Penghargaan

Penulis mengucapkan setinggi penghargaan kepada kakitangan yang terlibat secara langsung mahupun tidak langsung dalam menayakan kajian dan penerbitan artikel ini. Semoga ilmu yang disampaikan ini menjadi pelaburan dan pahala di kemudian hari. Terima kasih juga diucapkan kepada pihak syarikat Smart Fert Sdn. Bhd. kerana memberi dana dan kepercayaan kepada MARDI bagi melaksanakan kajian ini.

Bibliografi

- Abd El-Aziz, M., Salama, D., Morsi, S., Youssef, A., & El-Sakhawy, M. (2022). Development of polymer composites and encapsulation technology for slow-release fertilizers. *Reviews in Chemical Engineering*, 38(5), 603–616.
- Dobermann, A., & Cassman, K. G. (2002). Plant nutrient management for enhanced productivity in intensive grain production systems of the United States and Asia. *Plant and Soil*, 247(1), 153–175.
- Dosm (2024). Buku akaun pembekalan dan penggunaan komoditi pertanian terpilih. Jabatan Perangkaan Malaysia, Kementerian Ekonomi.
- Hou, P., Jiang, Y., Yan, L., Petropoulos, E., Wang, J., Xue, L., Yang, L., & Chen, D. (2021). Effect of fertilization on nitrogen losses through surface runoffs in Chinese farmlands: A meta-analysis. *Science of the Total Environment*, 793, 148554–148554.
- Sariam, O., & Khanif, M. Y. (2006). Effects of water management on nitrogen fertilizer uptake and recovery efficiency in rice. *J. Trop. Agric. and Fd. Sc.* 34(2), 249–255.
- Wang, S., Zhao, X., Xing, G., Yang, Y., Zhang, M., & Chen, H. (2015). Improving grain yield and reducing N loss using polymer-coated urea in southeast China. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(3), 1103–1115.
- Wei, H., Chen, Z., Xing, Z., Zhou, L., Liu, Q., Zhang, Z., Jiang, Y., Hu, Y., Zhu, J., Cui, P., Dai, Q., & Zhang, H. (2018). Effects of slow or controlled release fertilizer types and fertilization modes on yield and quality of rice. *Journal of Integrative Agriculture*, 17(10), 2222–2234.
- Zhang, S., Shen, T.-M., Yang, Y., Li, Y., Wan, Y., Zhang, M., Tang, Y., & Allen, S. (2018). Controlled-release urea reduced nitrogen leaching and improved nitrogen use efficiency and yield of direct-seeded rice. *Journal of Environmental Management*, 220, 191–197.

Ringkasan

Beras merupakan makanan ruji penduduk Malaysia dengan kadar sara diri berada pada kadar 56.2% direkodkan pada tahun 2023 dan disasarkan pada kadar 75% menjelang 2025. Salah satu faktor penyumbang kepada peningkatan hasil pengeluaran adalah pembajaan. Teknologi pelepasan terkawal merupakan teknologi yang berpotensi untuk diteroka khususnya dalam penanaman padi di Malaysia. Teknologi baja ini dapat mengurangkan pembaziran sumber baja melalui pengurangan dalam kehilangan nutrien, pengurangan jumlah berat baja seterusnya memberi impak positif kepada pencemaran alam sekitar dan meningkatkan kecekapan penggunaan baja berbanding dengan penggunaan baja tanpa salutan. Melalui hasil kajian yang dijalankan selama dua musim berturut-turut, penggunaan baja pelepasan terkawal dengan 50% pengurangan sumber nitrogen, fosforus dan kalium berserta campuran mikrob didapati berpotensi digunakan dalam pengeluaran padi di Malaysia.

Summary

Rice is the staple food of the Malaysian population with a self-sufficiency rate of 56.2% recorded in 2023 and targeted at a rate of 75% by 2025. One of the contributing factors to the increase in production is fertilisation. Controlled release technology is a potential technology to be explored especially in rice cultivation in Malaysia. This fertiliser technology can reduce the waste of fertiliser resources through a reduction in the loss of nutrients, a reduction in the amount of fertiliser weight, in turn having a positive impact on environmental pollution and increasing the efficiency of fertiliser use compared to the fertiliser without coating. Through the results of studies carried out for two consecutive seasons, the use of controlled release fertiliser with a 50% reduction in nitrogen, phosphorus and potassium sources along with a microbial mixture was found potentially to be used in rice production in Malaysia.

Pengarang

Mohamad Najib Mohd Yusof
Pusat Penyelidikan Padi dan Beras,
Ibu pejabat MARDI, Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor

Rosnani Harun
Pusat Penyelidikan Sosio Ekonomi, Risiko Pasaran dan Agribisnis
Ibu pejabat MARDI, Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor

Andrew Wong
PT137998 Jalan Perigi, Nanas 8/7, Pulau Indah,
Pelabuhan Barat, 42920 Klang, Selangor