

Eksplorasi kepelbagaian genetik padi tradisional untuk merungkai potensi ketahanan terhadap tekanan kemasinan

(Exploring the genetic diversity of traditional rice to unravel the potential of resistance to salinity stress)

Alny Marlynni Abd Majid, Mohd Shahril Firdaus Ab Razak, Mohamad Zulfadli Kamarudin, Nor Helwa Ezzah Nor Azman dan Rahiniza Kamaruzaman

Pengenalan

Padi (*Oryza sativa* L.) adalah antara tanaman makanan terpenting yang merupakan makanan ruji bagi hampir separuh penduduk dunia. Asia merupakan antara pengeluar utama dan pengguna padi yang terbanyak. Menurut Organisasi Makanan dan Pertanian (FAO), pengeluaran padi Malaysia pada tahun 2021 dianggarkan sekitar 2.5 juta tan metrik secara keseluruhan iaitu hampir tahap purata lima tahun dan melebihi penuaian tahun 2020 yang dipengaruhi oleh keadaan cuaca yang tidak baik. Perubahan iklim mempengaruhi keteraturan dan tahap turun naik hidrologi merupakan ancaman utama kepada pertanian terutamanya di negara membangun dan menyebabkan pelbagai tekanan untuk tumbuhan, baik biotik mahupun abiotik. Tekanan biotik adalah pengaruh negatif yang disebabkan oleh organisma hidup lain dalam pertanian biasanya merujuk kepada kerosakan yang disebabkan oleh perosak serangga, kulat, bakteria, virus dan keracunan herbisida. Manakala tekanan abiotik pula adalah kesan negatif faktor bukan hidup pada organisma hidup di persekitaran tertentu seperti kemasinan, kekeringan, banjir dan suhu yang melampau. Tekanan abiotik adalah faktor yang paling berbahaya bagi pertumbuhan dan produktiviti tanaman di seluruh dunia.

Tekanan kemasinan merupakan salah satu tekanan abiotik yang menyebabkan kehilangan hasil padi yang ketara. Dianggarkan secara global, hampir 2 juta ekar tanah pertanian terkesan dengan tekanan kemasinan. Pada tahun 1983, seluas 63 hektar jelapang padi telah terjejas kerana kemasukan air laut ke dalam jelapang. Oleh yang demikian, eksplorasi kepelbagaian genetik padi tradisional terhadap tekanan abiotik boleh memberi impak yang positif terhadap pertanian padi negara.

Secara global juga, program pembiakbakaan dalam menambah baik ketahanan kemasinan juga bergantung kepada induk penderma yang terhad. Kebanyakan program pembiakbakaan menggunakan varieti tradisional Pokkali yang berasal dari India dan juga Nona Bokra yang berasal dari Bangladesh sebagai induk penderma dalam membangunkan varieti yang toleran terhadap kemasinan. Jadi, adalah menjadi satu keperluan bagi mengenal pasti sumber genetik yang tahan terhadap kemasinan kerana sumber genetik semasa yang sangat terhad. Padi tradisional

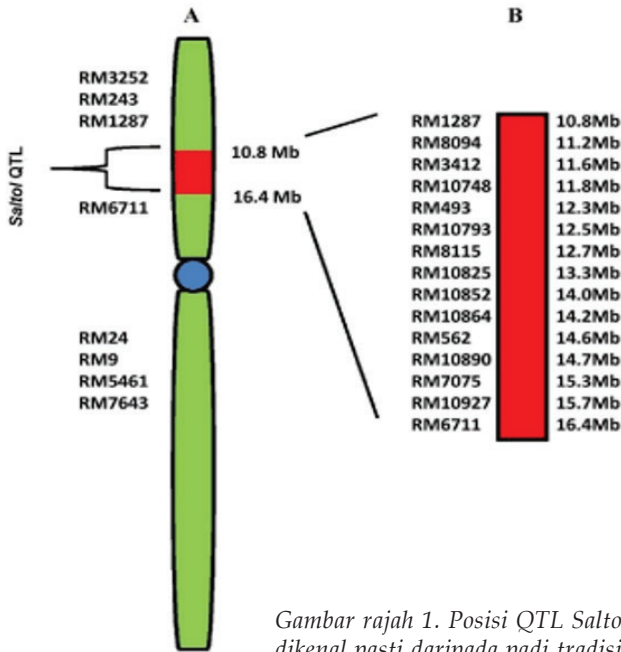
kaya dengan gen-gen yang berkepentingan seperti berketahanan terhadap tekanan biotik dan abiotik dan kebolehan beradaptasi yang tinggi dalam sesuatu ekosistem setempat.

Penanaman, penuaian dan pemilihan oleh petani secara berterusan telah menyebabkan padi tradisional beradaptasi terhadap ekosistem setempat. Walaupun produktiviti hasil padi tradisional lebih rendah berbanding dengan padi komersial, namun sekiranya pembiak baka dapat mengeksploitasi kelebihan dan jarak genetik padi tradisional, pembiak baka dapat membangunkan varieti berhasil tinggi yang superior terhadap tekanan biotik dan abiotik. Namun begitu, padi tradisional Malaysia masih belum dikaji secara menyeluruh. Sehingga kini, tiada gen ketahanan terhadap tekanan abiotik khususnya ketahanan kemasinan yang telah dilaporkan daripada padi tradisional Malaysia kerana kurangnya eksplorasi dan kajian yang melibatkan penggunaan padi tradisional Malaysia. Aksesori padi tradisional Malaysia berpotensi memiliki ciri-ciri yang toleran terhadap kemasinan dengan kebolehan adaptasi setempat yang tinggi dan akan menjadi satu kerugian sekiranya potensi ini tidak dirungkai dan dikaji secara menyeluruh. Oleh itu, satu kajian telah dijalankan bagi mengenal pasti sumber genetik baharu dan maklumat genetik berkaitan ketahanan kemasinan daripada takungan gen padi tradisional Malaysia.

Eksplotasi padi tradisional dalam membangunkan varieti tahan kemasinan

Beberapa kajian berkaitan penambahbaikan varieti padi terhadap tekanan kemasinan telah dijalankan. Kajian yang dijalankan memfokuskan dalam mengintrogressi *Quantitative Trait Locus* (QTL) *Saltol* (*Gambar rajah 1*) bagi menghasilkan varieti padi yang mempunyai daya ketahanan terhadap kemasinan yang tinggi. *Saltol* merupakan QTL utama yang bertanggungjawab terhadap ketahanan kemasinan dan amat popular digunakan dalam program pembiakbakaan. *Saltol* dikenal pasti berasal daripada varieti tradisional Pokkali iaitu salah satu varieti yang tahan terhadap kemasinan yang berasal dari India. QTL yang dipetakan di dalam Kromosom 1 padi ini memberikan peranan yang sangat penting dalam *Marker Assisted Breeding* (MAB) dalam membangunkan varieti padi yang tahan terhadap tekanan kemasinan. QTL ini memberikan ketahanan kemasinan pada peringkat vegetatif dengan fenotipik variasinya antara 64 – 80%. Kajian Krishnamurthy et al. (2020) menunjukkan titisan introgressi *Saltol* memberi ketahanan terhadap tekanan kemasinan pada peringkat anak pokok.

Dalam kajian ini, satu set padi tradisional Malaysia yang mengandungi 188 aksesori telah dinilai prestasinya terhadap tekanan pada tahap kemasinan yang berbeza (0, 4, 8 dan 12 dsm^{-1}) pada peringkat percambahan. Varieti Pokkali dan Nona Bokra digunakan sebagai kawalan positif (toleran) manakala IR42 dan IR29 digunakan sebagai varieti kawalan negatif (sensitif).



Gambar rajah 1. Posisi QTL Saltol pada kromosom 1 yang dikenal pasti daripada padi tradisional Pokkali

Data saringan tekanan kemasinan ini telah diambil 10 hari selepas dicambah. Antara data yang diambil adalah panjang plumul dan radikel, berat basah plumul dan radikel, berat kering plumul dan radikel:peratus percambahan, indeks percambahan:peratus pengurangan panjang plumul dan radikel:peratus pengurangan berat basah dan kering plumul serta radikel. Analisis genomik juga dijalankan bagi mengenal pasti penanda DNA yang berkait dengan trait bawah tekanan kemasinan. Penanda *Single Nucleotide Polymorphism* (SNP) dilombong daripada 11 QTL utama (*Jadual 1*) yang dilaporkan berkait dengan tekanan kemasinan.

Hasil analisis data penanda SNP bersama data saringan terhadap tekanan kemasinan pada peringkat percambahan telah menunjukkan bahawa terdapat empat penanda SNP yang signifikan berkorelasi dengan ciri panjang plumul, panjang radikel dan peratus pengurangan pemanjangan plumul dan peratus pengurangan berat kering plumul telah dikenal pasti. *Jadual 2* merupakan perincian kepada empat penanda SNP tersebut. Penanda-penanda ini berkait rapat dengan gen OsHKT1;5 yang bertanggungjawab sebagai pengangkut sodium dalam mekanisme toleran terhadap tekanan kemasinan. Menurut kajian yang pernah dijalankan, OsHKT1;5 dipercayai dapat meningkatkan ketahanan terhadap kemasinan dengan mengekalkan homeostasis K^+ pada daun semasa bawah tekanan kemasinan. Pengangkutan terpilih sodium oleh gen OsHKT5;1 dalam sel terekspres secara heterolog banyak mempengaruhi pengurangan kepekatan ion sodium dalam daun. Walau bagaimanapun, peranan fisiologi gen OsHKT1;5 masih belum diperincikan secara jelas.

Jadual 1. Senarai QTL berkait dengan ketahanan kemasinan dan anotasinya

QTL	MSU ID	Anotasi
<i>qSNK1</i>	Os01g20160	OsHKT1;5 - Na ⁺ pengangkut
<i>qSNK1</i>	Os01g20720	CC-NBS-LRR, terjangka
<i>qSNK12</i>	Os12g07970	Pengangkut, famili fasilitator utama
<i>qSNK12</i>	Os12g07990	Protein kinase famili protein
<i>qSNK12</i>	Os12g08030	Protein terekspres
<i>qSNK12</i>	Os12g08040	Protein retrotransposon, tidak dikelaskan
<i>qSNC1</i>	Os01g41930	Protein ulangan yang kaya dengan lecusin
<i>qSNC1</i>	Os01g42040	Enzim konjugasi ubiquitin
<i>qSNC6</i>	Os06g30390	Protein pengikat ion logam peralihan oksidoreduktase
<i>qSNC7</i>	Os06g30440	OsGH3.7-Kemungkinan indole-3-asid asetik-amidosintetase
<i>qRNK2</i>	Os02g40100	Protein tumbuhan yang tidak diketahui fungsinya domain DUF869
<i>qRNK2</i>	Os02g40120	Protein terekspres
<i>qRNK2</i>	Os02g40180	Prekursor protein kinase 5 seperti reseptor
<i>qRNK2</i>	Os02g40270	Protein terekspres
<i>qRNK2</i>	Os02g40280	Domain piwi yang mengandungi protein
<i>qSDW9a</i>	Os09g03590	Protein retrotransposon, tidak dikelaskan
<i>qSDW9a</i>	Os09g03670	Protein retrotransposon, tidak dikelaskan
<i>qSDW9a</i>	Os09g03750	Ankyrin
<i>qSST5</i>	Os05g12270	Protein terekspres
<i>qSST6</i>	Os05g12290	Protein retrotransposon, tidak dikelaskan
<i>qSST9</i>	Os09g35970	Domain TBC yang mengandungi protein
<i>qGR3</i>	Os03g12840	Inositol 1,3,4-trifosfat 5/6-kinase

Jadual 2. Senarai penanda SNP yang signifikan

	SNP_ID	Nilai P	R2 (%)
Panjang plumul	Sal_14	0.0174	8.8
	Sal_15	0.0086	6.8
Panjang radikel	Sal_7	0.0176	6.2
Pengurangan panjang plumul (%)	Sal_22	0.0077	4.8
Pengurangan berat kering plumul (%)	Sal_23	0.0038	4.5

Kesimpulan

Perubahan iklim menyumbang kepada tekanan terhadap tanaman yang boleh menjejaskan hasil padi. Perkembangan padi dengan ciri-ciri peningkatan toleransi tekanan abiotik menyumbang kepada penghasilan padi yang lebih baik. Melalui kajian ini, empat penanda SNP telah dikenal pasti dan signifikan dalam mengawal atur ciri panjang plumul dan radikel dalam keadaan tekanan saliniti, peratus pengurangan panjang dan berat plumul. Penanda ini berpotensi diaplikasikan dalam program MAB dalam membangunkan varieti yang tahan terhadap tekanan saliniti. Penggunaan penanda ini dalam MAB dapat meningkatkan ketepatan dalam pemilihan progeni yang membawa gen ketahanan terhadap tekanan kemasinan.

Penghargaan

Penulis ingin mengucapkan jutaan terima kasih kepada semua yang terlibat secara langsung dan tidak langsung dalam menayakan projek dan penulisan ini.

Bibliografi

- Ali, A.J., Xu, J.L., Ismail, A.M., Fu, B.Y., Vijaykumar, C.H.M., Gao, Y.M., Domingo, J., Maghirang, R., Yu, S.B., Gregorio, G., Yanagihara, S., Cohen, M., Carmen, B., Mackill, D. dan Li, Z.K. (2006). Hidden diversity for abiotic and biotic stress tolerances in the primary gene pool of rice revealed by a large backcross breeding program. *Field Crops Research*, 97(1 SPEC. ISS.), 66 – 76. Diperoleh dari <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2005.08.016>
- Azeez, M.A., Adubi, A.O. dan Durodola, F.A. (2018). Landraces and Crop Genetic Improvement. *Rediscovery of Landraces as a Resource for the Future*. Diperoleh dari <https://doi.org/10.5772/INTECHOPEN.75944>
- Baharom, A.H. dan Asmuni, M.I. (2020). *Penilaian awalan prestasi varieti padi tradisional terhadap persekitaran banjir* 21: 153 – 161
- Blum, A. (1988). *Plant breeding for stress environments*. Boca Raton: CRC Press
- Emon, R.M., Islam, M.M., Halder, J. dan Fan, Y. (2015). Genetic diversity and association mapping for salinity tolerance in Bangladeshi rice landraces. *Crop Journal*, 3(5): 440 – 444. Diperoleh dari <https://doi.org/10.1016/j.cj.2015.04.006>
- Krishnamurthy S.L., Pundir P., Warraich A.S., Rathor S., Lokeshkumar B.M., Singh N.K. dan Sharma, P.C. (2020). Introgressed Saltol QTL Lines Improves the Salinity Tolerance in Rice at Seedling Stage, *Frontiers in Plant Science*, 11, 833. Diperoleh dari <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpls.2020.00833>

- Kumari, R., Kumar, P., Meghawal, D.K., Sharma, V.K. dan Kumar, H. (2019). Salt-Tolerance Mechanisms in Plants, (Bajpai, D.O. dan Khan, D.K., ed.). *Recent Trends in Tropical Plant Research Volume – 1*, m.s. 1 – 12. AkiNik Publications
- Kuroha, T. dan Ashikari, M. (2020). Molecular mechanisms and future improvement of submergence tolerance in rice. *Molecular Breeding*, 40(4). Diperoleh dari <https://doi.org/10.1007/s11032-020-01122-y>
- Levitt, J. (1980). Responses of plants to environmental stresses. Dalam: Water, radiation, salt and other stresses, Vol. 2, m.s. 93 – 128. New York: Academic Pres
- Mohammadi-Nejad, G., Singh, R.K., Arzani, A., Rezaie, A.M., Sabouri, H. dan Gregorio, G.B. (2010) Evaluation of Salinity Tolerance in Rice (*Oryza sativa* L.) Genotypes. *International Journal of Plant Production*, 4: 199 – 208
- Nishiuchi, S., Yamauchi, T., Takahashi, H., Kotula, L. dan Nakazono, M. (2012). Mechanisms for coping with submergence and waterlogging in rice. *Rice* 5(1): 1 – 14. Diperoleh dari <https://doi.org/10.1186/1939-8433-5-2>
- Oladosu, Y., Rafii, M.Y., Arolu, F., Chukwu, S.C., Muhammad, I., Kareem, I., Salisu, M.A., dan Arolu, I.W. (2020). Submergence tolerance in rice: Review of mechanism, breeding and, future prospects. *Sustainability (Switzerland)* 12(4): 1 – 16. Diperoleh dari <https://doi.org/10.3390/su12041632>
- Panda, D., Mishra, S.S. dan Behera, P.K. (2021). Drought tolerance in rice: Focus on recent mechanisms and approaches. *Rice Science* 28(2): 119 – 132. Diperoleh dari <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2021.01.002>
- Reddy, I.N.B.L., Kim, B.K., Yoon, I.S., Kim, K. H. dan Kwon, T.R. (2017). Salt tolerance in rice: Focus on mechanisms and approaches. *Rice Science* 24(3): 123 – 144. Diperoleh dari <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2016.09.004>
- Roy, S.J., Negrao, S. dan Tester, M. (2014). Salt resistant crop plants. *Current Opinion in Biotechnology* 26: 115 – 124. Diperoleh dari <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2013.12.004>
- Shamsudin, N.A.A., Swamy, B.P.M., Ratnam, W., Sta. Cruz, M.T., Sandhu, N., Raman, A. K. dan Kumar, A. (2016). Pyramiding of drought yield QTLs into a high quality Malaysian rice cultivar MRQ 74 improves yield under reproductive stage drought. *Rice* 9(1): 1 – 13. Diperoleh dari <https://doi.org/10.1186/s12284-016-0093-6>
- Site Noorzuraini, A., Borromeo, T.H., Nestor, N., Diaz, G. dan Arvind, K. (2013). Diversity assessment of Malaysian rice germplasm accessions for drought tolerant grain yield QTLs. *Journal of Tropical Agriculture and Food Science* 41(1): 27 – 40. Diperoleh dari [http://ejtafs.mardi.gov.my/jtafs/41-1/Diversity assessment.pdf](http://ejtafs.mardi.gov.my/jtafs/41-1/Diversity%20assessment.pdf)
- Waziri A., Kumar P. dan Purty R.S. (2016). Saltol QTL and their role in salinity tolerance in rice. *Austin J. Biotechnol. Bioeng* 3(3): 1067

Yadav, T., Kumar, A., Yadav, R. K., Yadav, G., Kumar, R. dan Kushwaha, M. (2020). Salicylic acid and thiourea mitigate the salinity and drought stress on physiological traits governing yield in pearl millet- wheat. *Saudi Journal of Biological Sciences* 27(8): 2010 – 2017. Diperoleh dari <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.06.030>

Ringkasan

Bekalan tanaman makanan perlu dipertingkatkan berikutan pertambahan penduduk dunia. Namun, terdapat pelbagai faktor yang membataskan pengeluaran hasil tanaman antaranya tekanan kemasinan. Tekanan kemasinan merupakan salah satu tekanan abiotik yang menyebabkan berlakunya pengurangan hasil padi. Dalam kajian ini, eksplorasi padi tradisional terhadap tekanan kemasinan telah dijalankan bagi mengenal pasti sumber-sumber baharu dan kajian genetik disebalik ketahanan kemasinan tersebut. Informasi ini sangat berguna untuk membangunkan varieti yang toleran terhadap kemasinan.

Summary

Food crops supplies need to be upsurge due to the increasing number of world population. However, there are various factors that limit crop production such as the salinity stress. Salinity stress is one of abiotic stress that cause reduction in rice yield. In this study, the exploration of traditional rice against salinity stress was conducted to identify new sources and genetic studies behind the salt resistance. This information is very useful for developing varieties that are tolerant of salinity.

Pengarang

Alny Marlynni Abd Majid
Pusat Penyelidikan Bioteknologi dan Nanoteknologi, Ibu Pejabat MARDI
Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor
E-mel: alny@mardi.gov.my

Mohd Shahril Firdaus Ab Razak, Mohamad Zufadli Kamarudin dan Nor Helwa Ezzah Nor Azman
Pusat Penyelidikan Bioteknologi dan Nanoteknologi, Ibu Pejabat MARDI
Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor

Rahiniza Kamaruzaman
Pusat Penyelidikan Padi dan Beras, Ibu Pejabat MARDI
Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor