

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan tanaman pangan utama yang tersebar luas di berbagai negara, termasuk Indonesia. Produksi padi penting untuk menjaga ketahanan pangan nasional, terutama di tengah ancaman perubahan iklim yang semakin ekstrim (Lathif *et al.*, 2018). Kekeringan merupakan salah satu stres abiotik paling membatasi bagi produksi padi di seluruh dunia (Adam & Rudiarto, 2017). Wilayah dengan curah hujan rendah menghadapi tantangan besar dalam mempertahankan hasil pertanian, khususnya dalam pertanaman padi sehingga diperlukan kultivar padi yang toleran kekeringan (Nurdin, 2011).

Kekeringan lahan merupakan salah satu permasalahan utama yang berdampak signifikan terhadap produktivitas pertanian, termasuk di Provinsi Jawa Tengah (Adam & Rudiarto, 2017). Berdasarkan analisis citra satelit pada musim kemarau 2024 menunjukkan hasil perhitungan *Vegetation Health Index* (VHI) <10 . Luas lahan pertanian Jawa Tengah yang mengalami kekeringan ekstrim seluas 31,54 km², kuat seluas 194,19 km², sedang seluas 778,61 km², rendah seluas 3377,00 km², dan normal seluas 14652 km² (Muhammad *et al.*, 2025). Kategori tingkat kekeringan tersebut ditetapkan berdasarkan nilai VHI, di mana nilai VHI <10 dikategorikan ekstrem, 10–20 sebagai kuat, 21–30 sedang, 31–40 rendah, dan >40 dianggap normal. Penurunan produksi padi di beberapa wilayah sentra di Indonesia, seperti di Jawa Tengah, bahkan diperkirakan dapat mencapai 2,8% pada tahun 2024 (BPS, 2024).

Beberapa kultivar padi yang dikembangkan untuk menghadapi cekaman kekeringan antara lain padi cv. Inpago 6 dan Inpago 9 yang memiliki karakteristik ketahanan terhadap kondisi kering serta potensi adaptasi di lahan sub-optimal (Nazirah *et al.*, 2015). Padi termasuk tanaman yang sangat sensitif terhadap kekurangan air (Suwarno *et al.*, 2016).

Namun, pada kultivar yang memiliki toleransi terhadap stres kekeringan, penurunan hasil tidak separah yang terjadi pada kultivar yang rentan (Nazirah *et al.*, 2015). Oleh karena itu, pemanfaatan kultivar toleran menjadi sangat penting dalam upaya budi daya tanaman untuk menghadapi kondisi kekeringan. Untuk memahami mekanisme ketahanan kultivar ini terhadap kekeringan, diperlukan pendekatan berbasis molekuler, salah satunya melalui analisis ekspresi gen yang terlibat dalam respons terhadap cekaman kekeringan.

Tanaman padi merespons kekeringan melalui berbagai mekanisme, baik secara adaptasi fisiologis, melalui efisiensi pemanfaatan air dan pembentukan osmolit maupun secara molekuler melalui aktivasi gen protektif untuk mempertahankan fungsi seluler (Guo *et al.*, 2022). Salah satu jalur molekuler utama melibatkan regulasi ekspresi gen oleh keluarga faktor transkripsi AP2/ERF tipe *Dehydration Responsive Element Binding* (*DREB*). *DREB* adalah protein yang secara spesifik berikatan dengan elemen *cis DRE* (core motif G/ACCGAC) pada promotor gen target, sehingga mengontrol ekspresi banyak gen yang diinduksi oleh stres kekeringan, salinitas, atau suhu dingin (Dubouzet *et al.*, 2003).

Beberapa cDNA yang mengkode protein DRE-binding (*DREB*) telah diidentifikasi pada *Arabidopsis*, gandum, rai, kanola, dan jelai (Jaglo *et al.*, 2001). Protein *DREB* berfungsi sebagai faktor trans-aktif yang mengikat urutan *DRE/CRT* secara spesifik dan mengaktifkan transkripsi gen yang dipengaruhi oleh urutan tersebut. Selain itu, pada padi, keberadaan faktor transkripsi *DREB* juga telah ditemukan (Dubouzet *et al.*, 2003). Beberapa gen *DREB* yang telah berhasil diidentifikasi diantaranya gen *OsDREB4-1* dan *OsDREB4-2* (Tian *et al.*, 2005). Ekspresi *OsDREB4-1* diinduksi oleh dehidrasi dan salinitas tinggi, sedangkan *OsDREB4-2* diekspresikan secara konstitutif (Tian *et al.*, 2005). Gen *OsDREB4-1* dan *OsDREB4-2* diklasifikasikan ke dalam subgroup *DREB4* yang kemudian *OsDREB4-1* diketahui terinduksi oleh dehidrasi dan salinitas tinggi. Dengan demikian, gen ini mampu berperan sebagai faktor trans-aktif dalam respons terhadap

dehidrasi (Tian *et al.*, 2005). Aktivasi gen *DREB* memungkinkan tanaman mempertahankan homeostasis air dan mengurangi kerusakan sel akibat cekaman kekeringan (Huang *et al.*, 2020).

Pendekatan transkriptomik berbasis *RNA-Seq* telah banyak digunakan dalam penelitian untuk memahami regulasi ekspresi gen dalam berbagai kondisi lingkungan. Analisis transkriptomik memungkinkan identifikasi pola ekspresi gen secara menyeluruh, sehingga memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai mekanisme adaptasi tanaman terhadap cekaman kekeringan (Avivi & Buqori, 2022). Dengan menggunakan metode ini, penelitian dapat mengidentifikasi gen-gen utama termasuk *DREB4* yang berperan dalam respons kekeringan dan menentukan kandidat gen yang lebih adaptif terhadap perubahan iklim (Avivi & Buqori, 2022). Walaupun demikian, penelitian mengenai transkriptomik padi terhadap cekaman kekeringan masih terbatas.

Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi gen-gen yang terlibat dalam respons molekuler terhadap cekaman kekeringan melalui pendekatan transkriptomik data sekuensing RNA. Ekspresi *DREB4* akan divalidasi secara eksperimen di laboratorium menggunakan *qPCR* (*real-time PCR*) untuk kuantifikasi relatif ekspresi. Metode *qPCR* memungkinkan pengukuran ekspresi gen secara spesifik dan sensitif, serta biasanya dilakukan dengan normalisasi terhadap gen housekeeping. Dengan menggabungkan hasil analisis *RNA-Seq* dan uji *qPCR*, diharapkan dapat diperoleh gambaran yang lebih kuat mengenai peran *DREB4* dalam toleransi kekeringan padi.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian Studi Transkriptomik dan Analisis Ekspresi Gen *DREB4* pada padi cv. Inpago dibawah Cekaman Kekeringan Ringan dengan Pengaruh *Priming Effect* untuk Ketahanan Pangan antara lain:

1. Gen-gen apa saja yang terlibat dalam respons molekuler terhadap cekaman kekeringan berdasarkan analisis transkriptomik *RNA-Seq*?
2. Bagaimana perbedaan pola ekspresi gen *Dehydration Responsive Element Binding 4 (DREB4)* pada padi cv. Inpago 6, Inpago 9, dan IR64 yang mengalami cekaman kekeringan ringan?

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian Studi Transkriptomik dan Analisis Ekspresi Gen *DREB4* pada padi cv. Inpago dibawah Cekaman Kekeringan Ringan dengan Pengaruh *Priming Effect* untuk Ketahanan Pangan bertujuan untuk :

1. Mengidentifikasi ekspresi gen *DREB* pada tanaman *Oryza sativa* L. yang mengalami cekaman kekeringan melalui analisis data transkriptomik *RNA-seq* secara *in silico*.
2. Menganalisis perbedaan pola ekspresi gen *Dehydration Responsive Element Binding 4 (DREB4)* pada padi cv. Inpago 6, Inpago 9, dan IR64 yang mengalami cekaman kekeringan ringan menggunakan analisis *qRT-PCR*.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dapat diperoleh melalui penelitian ini terbagi menjadi dua manfaat yaitu manfaat teoritis dan praktis.

1.4.1. Manfaat Teoritis

1. Menghasilkan data hasil analisis transkriptomik yang dapat digunakan untuk memperkaya basis data molekuler serta mendukung studi genomik lanjutan pada padi dan tanaman lainnya, terutama dalam respons terhadap cekaman abiotik.

2. Memberikan informasi mengenai peran gen *Dehydration Responsive Element Binding4 (DREB4)* dalam respon cekaman kekeringan rendah pada Padi cv. Inpago 6, Inpago 9, dan IR64.

1.4.2 Manfaat Praktis

1. Berkontribusi dalam peningkatan ketahanan pangan nasional dengan menyediakan informasi dasar untuk pengembangan kultivar padi yang lebih adaptif terhadap perubahan iklim dan cekaman kekeringan.
2. Memberikan referensi dalam program pemuliaan tanaman untuk menciptakan kultivar padi dengan produktivitas stabil di lingkungan kering atau terbatas air, berdasarkan pemahaman molekuler terhadap respons cekaman kekeringan.

