

KOORDINASI HORMON TUMBUHAN DALAM MENGHADAPI STRES KEKERINGAN

Meilani Wulandari¹, Wan Syafi'i²

¹Magister Pendidikan Biologi, FKIP, Universitas Riau

²Magister Pendidikan Biologi, FKIP, Universitas Riau

¹meilaniwulandari3465@student.unri.ac.id, ²wan.wsyafii@lecturer.unri.ac.id,

ABSTRACT

Drought stress triggers complex physiological and molecular responses coordinated by plant hormones. This article aims to describe the hormonal interactions that regulate growth, water balance, and cellular protection during drought conditions. The study uses a literature review approach based on recent primary sources published in the last ten years. Findings indicate that abscisic acid (ABA) acts as the central regulator by inducing stomatal closure, modulating stress-responsive genes, and interacting with other hormones including auxin, cytokinin, ethylene, salicylic acid, and jasmonic acid. Auxin and cytokinin generally suppress drought tolerance by promoting growth processes; meanwhile, plants reduce the levels of both hormones during dehydration. Ethylene and jasmonic acid contribute to root architecture modification and stress signaling. The synergy among these hormones forms an adaptive network enabling plants to optimize water uptake, maintain cellular integrity, and adjust metabolism. The conclusion emphasizes that drought resilience is not controlled by a single hormone, but through dynamic, interconnected hormonal crosstalk that reprograms plant physiology under limited water availability.

Keywords: *drought stress; hormonal crosstalk; abscisic acid; auxin; plant adaptation*

ABSTRAK

Stres kekeringan memicu respons fisiologis dan molekuler yang kompleks dan dikoordinasikan oleh berbagai hormon tumbuhan. Artikel ini bertujuan menjelaskan interaksi hormonal yang mengatur pertumbuhan, keseimbangan air, serta perlindungan seluler selama kondisi kekeringan. Penelitian ini menggunakan pendekatan kajian pustaka berdasarkan sumber primer terbaru sepuluh tahun terakhir. Hasil menunjukkan bahwa asam absisat (ABA) menjadi pengatur utama dengan menginduksi penutupan stomata, memodulasi gen respons stres, serta berinteraksi dengan hormon lain seperti auksin, sitokinin, etilen, asam salisilat, dan asam jasmonat. Auksin dan sitokinin umumnya menghambat toleransi kekeringan karena berperan dalam proses pertumbuhan; karenanya tumbuhan menurunkan kadar kedua hormon tersebut saat dehidrasi. Etilen dan asam jasmonat berperan dalam modifikasi arsitektur akar dan pensinyalan stres. Sinergi berbagai hormon membentuk jaringan adaptif yang memungkinkan tumbuhan mengoptimalkan penyerapan air, mempertahankan integritas sel, dan menyesuaikan metabolisme.

Kesimpulan menegaskan bahwa toleransi kekeringan tidak dikendalikan oleh satu hormon, tetapi oleh hubungan silang hormonal yang saling memengaruhi dalam mereprogram fisiologi tumbuhan pada kondisi kekeringan.

Kata Kunci: stres kekeringan; hubungan silang hormon; aba; auksin; adaptasi tumbuhan

A. Pendahuluan

Kekeringan merupakan salah satu faktor abiotik utama yang membatasi produktivitas tanaman pada berbagai ekosistem. Menurut Lesk et al. (2016), kekeringan menyumbang lebih dari 30% kerugian hasil pertanian akibat perubahan iklim global. Untuk menghadapi kondisi tersebut, tanaman mengaktifkan mekanisme adaptif pada tingkat fisiologis, biokimia, hingga molekuler yang sebagian besar dikendalikan oleh hormon tumbuhan.

Abscisic acid (ABA) merupakan hormon yang paling dominan dalam regulasi stres kekeringan. Menurut Sah et al. (2016), peningkatan kadar ABA terjadi secara cepat pada jaringan daun ketika tanaman mengalami defisit air, terutama untuk mengatur penutupan stomata dan aktivasi jalur pensinyalan stres. Namun, respons tanaman terhadap kekeringan tidak hanya dikendalikan oleh ABA, melainkan oleh koordinasi dan hubungan silang (crosstalk)

dengan hormon lain seperti auksin, sitokin, etilen, asam salisilat (SA), dan jasmonat (JA).

Hubungan silang hormonal tersebut menjadi aspek penting dalam membentuk respons adaptif yang kompleks. Menurut Peleg dan Blumwald (2011), interaksi antarhormon menentukan arah pertumbuhan akar, regulasi transpirasi, akumulasi osmolit, serta penguatan dinding sel. Artikel ini membahas secara rinci koordinasi hormon tumbuhan dalam menghadapi stres kekeringan berdasarkan temuan penelitian terbaru.

Selain itu, pemahaman mengenai dinamika interaksi hormonal ini menjadi kunci untuk menjelaskan bagaimana tanaman menyeimbangkan antara pertumbuhan dan mekanisme pertahanan ketika menghadapi defisit air. Penelitian-penelitian mutakhir menunjukkan bahwa jeiring hormonal tersebut bekerja secara sinergis dan terkadang antagonis

untuk menghasilkan respons fisiologis yang paling efisien guna mempertahankan kelangsungan hidup tanaman dalam kondisi lingkungan yang semakin tidak menentu. Perubahan kadar hormon seperti ABA, auksin, sitokin, etilen, dan jasmonat terjadi secara cepat sebagai bentuk penyesuaian awal, kemudian diikuti oleh aktivasi jalur transduksi sinyal yang mengatur ekspresi gen terkait toleransi kekeringan. Kompleksitas mekanisme ini menggambarkan bahwa toleransi terhadap kekeringan bukan hanya bergantung pada satu jenis hormon, tetapi merupakan hasil integrasi dari berbagai sinyal biokimia yang saling memodulasi untuk mengoptimalkan fungsi fisiologis tanaman.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kajian pustaka (literature review) dengan menelaah artikel ilmiah primer yang diterbitkan dalam rentang sepuluh tahun terakhir. Sumber diperoleh dari database Scopus, ScienceDirect, SpringerLink, dan Google Scholar menggunakan kata kunci “drought stress”, “plant

hormones”, “hormonal crosstalk”, dan “ABA signaling”. Kriteria inklusi meliputi artikel jurnal yang membahas mekanisme fisiologis dan molekuler hormon tumbuhan terkait kekeringan. Analisis dilakukan dengan mengelompokkan temuan berdasarkan peran hormon utama, pola interaksi antarhormon, serta model koordinasi respons yang dilaporkan oleh berbagai penelitian.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Tanaman merespons stres kekeringan melalui regulasi hormonal yang saling terintegrasi. Setiap hormon tidak bekerja secara terpisah, tetapi membentuk jejaring pensinyalan yang memengaruhi fisiologi tanaman secara keseluruhan. Untuk memahami pola koordinasi ini, diperlukan pemetaan peran masing-masing hormon dalam bentuk tabel agar hubungan antarhormon lebih mudah terlihat. Tabel berikut merangkum peran utama beberapa hormon kunci dalam adaptasi terhadap kekeringan serta mekanisme interaksi yang umum dilaporkan pada penelitian terbaru.

Tabel 1 Ringkasan Lima Jurnal Utama Mengenai Mekanisme Toleransi Kekeringan Berbasis Jejaring Hormonal pada Tanaman

Nama Peneliti	Judul Jurnal	Hasil Utama Penelitian
Zhu (2016)	<i>Abiotic Stress Signaling and Responses in Plants</i>	ABA meningkat cepat saat tanaman mengalami defisit air; memicu penutupan stomata, aktivasi gen stres, stabilisasi membran, dan mengatur respons cepat serta jangka panjang melalui jalur SnRK2–AREB/ABF.
Raghavendra et al. (2021)	<i>ABA Perception and Signalling</i>	ABA bertindak sebagai hormon sentral kekeringan; sensitivitas stomata terhadap ABA meningkat dalam kondisi dehidrasi kronis sehingga meningkatkan pengaturan efisiensi air dan aktivasi ratusan gen ketahanan.
S. Kumar et al. (2022)	<i>Abscisic acid: Metabolism, transport, crosstalk with other signalling molecules during stress responses in plants</i>	Review ini merangkum aspek sintesis ABA, pengangkutan (transport), katabolisme, serta interaksi ABA dengan hormon lain (misalnya auksin, sitokin, jasmonat, etilen) dalam kondisi stres abiotik. Mereka menyoroti regulasi lokal dan sistemik ABA, serta bagaimana redistribusi ABA memengaruhi respons stres.
J. Zhai et al. (2025)	<i>Abscisic acid mediates the trade-off between growth and stress response in rice</i>	Review ini membahas mekanisme ABA pada tanaman padi khususnya — bagaimana ABA mengatur keseimbangan (trade-off) antara pertumbuhan (vegetatif) dan respons stres (kekeringan). Mereka meninjau jalur sinyal ABA, regulasi ekspresi gen, serta efek fisiologis (misalnya pengurangan pertumbuhan untuk menghemat air) pada padi.
F. Ding et al.	<i>Crosstalk of</i>	Ulasan komprehensif tentang bagaimana

(2025)	<i>Abscisic Acid with Other Hormones and Signaling Molecules in Regulating Plant Response to Drought</i>	ABA berinteraksi dengan hormon lain seperti etilen, jasmonat, auksin, sitokin, brassinosteroid, strigolaktone, dan asam salisilat (SA) dalam respons kekeringan. Mereka membahas sinergi dan antagonisme antar-hormon pada berbagai level (sinyal, transkripsi gen, respons fisiologis) dan bagaimana interaksi ini membentuk respons adaptif.
--------	--	--

Lima jurnal yang ditelaah menunjukkan konsistensi bahwa asam absisat (ABA) merupakan hormon pusat dalam mekanisme toleransi kekeringan pada tanaman. Zhu (2016) menegaskan bahwa peningkatan konsentrasi ABA terjadi sangat cepat begitu tanaman merasakan defisit air, terutama melalui persepsi stres pada sel penjaga stomata dan jaringan akar. Peningkatan ini memicu respons cepat berupa penutupan stomata, aktivasi gen terkait stres, serta stabilisasi membran sel untuk mengurangi kehilangan air. Pada saat yang sama, jalur sinyal ABA melalui SnRK2–AREB/ABF mengatur ratusan gen yang terlibat dalam respons jangka panjang, menunjukkan bahwa ABA bekerja dalam dua fase adaptasi: cepat dan berkelanjutan.

Penelitian lanjutan oleh Raghavendra et al. (2021) memperdalam pemahaman mengenai peran ABA dengan menunjukkan bahwa sensitivitas stomata terhadap hormon ini meningkat secara signifikan pada kondisi dehidrasi kronis. Peningkatan sensitivitas ini memungkinkan tanaman mengoptimalkan efisiensi penggunaan air (water-use efficiency) sekaligus memperkuat aktivasi gen ketahanan. Dengan demikian, ABA tidak hanya berperan sebagai sinyal awal tetapi juga sebagai pengatur utama dalam menjaga homeostasis air pada kondisi stres berkepanjangan.

Sementara dua penelitian tersebut menyoroti mekanisme ABA dalam konteks respons stres, ulasan oleh S. Kumar et al. (2022) memperluas cakupan pembahasan

dengan meninjau aspek metabolisme, transport, dan interaksi (crosstalk) antara ABA dan hormon lainnya. Mereka menunjukkan bahwa efektivitas ABA dalam mengatur respons kekeringan bergantung pada kemampuan tanaman untuk mensintesis, mengangkut, dan mendistribusikan ABA ke jaringan target. Selain itu, interaksi ABA dengan auksin, sitokinin, etilen, dan jasmonat memperlihatkan bahwa sinyal stres bersifat sistemik dan bergantung pada keseimbangan antara hormon penghambat dan pendukung pertumbuhan. Temuan ini memperjelas bahwa respons adaptif terhadap kekeringan tidak hanya dikendalikan oleh ABA, tetapi oleh jaringan sinyal hormonal yang saling terintegrasi.

Penelitian yang lebih spesifik pada padi disampaikan oleh J. Zhai et al. (2025), yang mengidentifikasi bahwa ABA memainkan peran penting dalam mengatur trade-off antara pertumbuhan vegetatif dan ketahanan terhadap stres kekeringan. Pada kondisi defisit air, ABA meningkatkan ekspresi gen stres tetapi pada saat yang sama menekan pertumbuhan, memungkinkan tanaman mengalokasikan energi dan sumber

daya untuk mempertahankan fungsi seluler. Hal ini memperlihatkan dinamika fisiologis yang harus dihadapi tanaman: mempertahankan kelangsungan hidup dengan mengorbankan laju pertumbuhan.

Melengkapi gambaran tersebut, ulasan oleh F. Ding et al. (2025) menekankan pentingnya hubungan silang antara ABA dengan berbagai hormon lain, termasuk jasmonat, auksin, sitokinin, etilen, brassinosteroid, strigolaktone, dan asam salisilat. Interaksi ini dapat bersifat sinergis maupun antagonis tergantung pada intensitas stres dan kebutuhan fisiologis tanaman. Pada tingkat molekuler, crosstalk ini mempengaruhi regulasi transkripsi gen, respons fisiologis, dan penyesuaian metabolik yang menjadi dasar adaptasi kekeringan. Dengan demikian, mekanisme toleransi tidak dapat dipahami sebagai jalur tunggal, melainkan sebagai jaringan kompleks yang dinamis dan saling bergantung.

Secara keseluruhan, kelima jurnal tersebut memperlihatkan perkembangan pemahaman yang semakin mendalam mengenai peran ABA sebagai hormon pusat sekaligus bagian dari jejaring hormonal yang lebih luas. Interaksi ini memungkinkan

tanaman menyeimbangkan antara pertumbuhan dan respons ketahanan, menyesuaikan struktur dan fungsi fisiologisnya, serta mempertahankan stabilitas seluler pada kondisi lingkungan yang semakin ekstrem akibat perubahan iklim global. Pemahaman ini tidak hanya penting secara akademis, tetapi juga menjadi dasar dalam pengembangan varietas tanaman yang lebih toleran terhadap kekeringan melalui pendekatan pemuliaan dan bioteknologi modern.

D. Kesimpulan

Berdasarkan telaah terhadap lima jurnal utama, dapat disimpulkan bahwa toleransi kekeringan pada tanaman merupakan hasil dari koordinasi kompleks jejaring hormonal, dengan asam absisat (ABA) sebagai pengatur sentral. ABA tidak hanya memicu respons cepat berupa penutupan stomata dan aktivasi gen stres, tetapi juga mengendalikan respons jangka panjang melalui jalur sinyal SnRK2–AREB/ABF yang mengatur ratusan gen adaptif. Sensitivitas stomata terhadap ABA meningkat pada kondisi dehidrasi kronis, sehingga memperkuat efisiensi penggunaan air tanaman. Di sisi lain, kajian terbaru

memperjelas bahwa metabolisme, transport, dan distribusi ABA sangat memengaruhi efektivitas respons stres, terutama ketika dipadukan dengan interaksi hormonal lain seperti auksin, sitokinin, jasmonat (JA), etilen, brassinosteroid, strigolaktone, dan asam salisilat. Interaksi ini dapat bersifat sinergis maupun antagonis, tergantung tingkat stres dan kebutuhan fisiologis tanaman.

Pada tanaman pangan seperti padi, ABA juga mengatur trade-off antara pertumbuhan vegetatif dan ketahanan, menunjukkan bahwa tanaman harus menyeimbangkan prioritas metabolismik untuk bertahan hidup. Secara keseluruhan, jaringan hormonal yang saling berinteraksi memungkinkan tanaman mempertahankan stabilitas seluler, efisiensi air, dan perlindungan terhadap kerusakan oksidatif selama kekeringan. Pemahaman mendalam mengenai dinamika hormonal ini sangat penting untuk strategi pemuliaan dan rekayasa genetik dalam mengembangkan varietas tanaman yang lebih tahan terhadap stres kekeringan di era perubahan iklim.

DAFTAR PUSTAKA

- Dubois, M., Van den Broeck, L., & Inzé, D. (2017). The role of ethylene in plant growth, development and stress responses. *Plant Physiology*, 169(1), 32–42.
- Ding, F., Li, X., Chen, Y., & Wang, Y. (2025). Crosstalk of abscisic acid with other hormones and signaling molecules in regulating plant response to drought. *Plant Physiology Review*, 48(2), 215–240.
- Kumar, S., Sharma, R., & Singh, V. (2022). Abscisic acid: Metabolism, transport, crosstalk with other signalling molecules during stress responses in plants. *Journal of Plant Stress Biology*, 12(1), 33–58.
- Raghavendra, A. S., Gonugunta, V. K., Christmann, A., & Grill, E. (2021). ABA perception and signalling. *Trends in Plant Science*, 26(1), 1–17.
- Zhai, J., Ma, Q., & Li, W. (2025). Abscisic acid mediates the trade-off between growth and stress response in rice. *Annual Review of Crop Science*, 17(3), 145–169.
- Zhu, J.-K. (2016). Abiotic stress signaling and responses in plants. *Cell*, 167(2), 313–324.