

Kajian Keterkaitan antara Nutrisi, Hormon, dan Perkembangan Akar Tanaman (Sebuah Review)

DEVI ARMITA

Jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Alauddin Makassar
Jl. H.M Yasin Limpo No. 36, Kab. Gowa, Sulawesi Selatan 92113
Email: devi.armita@uin-alauddin.ac.id

ABSTRACT

Root is a vegetative organ that plays a role in the absorption of water and nutrients in the soil or growth media in plants. Therefore the organ which is directly affected by changes in soil conditions is the root. Nutrient supply can influence root development both directly as an external signal and indirectly through changes in internal nutrition. Changes in internal nutrition will be a signal in changes in the distribution of hormones in plants which will eventually cause changes in root morphology. Several studies have reported relationship between the availability of nutrients in the soil and the level of hormones present in plants with the end result of changes in root development and morphology, especially the relationship between nitrogen and some endogenous hormones that play a role in root growth and development in plants, including auxin, cytokinins and abscisic acid (ABA). Deficiency or excess conditions affect the levels of auxin, cytokinins and ABA and affect auxin transport. Different nitrogen fertilizers, NO_3^- and NH_4^+ produce different responses in plants to influence root growth and development.

Keywords: root morphology, nutrition, nitrogen, hormones

PENDAHULUAN

Nutrisi merupakan faktor eksternal yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman selain air, suhu, kelembaban, oksigen dan cahaya. Sedangkan hormon merupakan faktor internal selain gen (Hartanto, Haris, & Widodo, 2009), meskipun saat ini telah banyak dilakukan penambahan hormon sintetik (eksogen) pada tanaman untuk meningkatkan kualitas maupun produktivitas pada tanaman. Setiap hormon mempunyai fungsi spesifik namun tetap bekerja sama dalam menjalankan aktivitas fisiologis pada tanaman. Hormon juga berperan sebagai sinyal yang dapat menstimulasi atau menghambat pertumbuhan serta mengatur perkembangan tanaman dalam menghadapi perubahan kondisi lingkungan, tidak hanya ketersediaan nutrisi namun juga perubahan kondisi lingkungan lainnya seperti perubahan salinitas maupun kekeringan.

Morfologi akar mengalami perubahan seiring dengan tahap pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang secara langsung mempengaruhi kemampuan akar untuk menyerap nutrisi dari dalam tanah dan akan berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman, biomassa dan hasil produksi. Oleh karena itu penting untuk melakukan kajian mendalam terkait hubungan antara nutrisi, hormon dan

pertumbuhan, perkembangan serta morfologi akar pada tumbuhan.

EFEK PEMUPUKAN NITROGEN TERHADAP HORMON ENDOGEN DAN PERTUMBUHAN AKAR

Nitrogen merupakan salah satu makronutrisi yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman. Ketersediaan nitrogen di dalam tanah secara signifikan mempengaruhi pertumbuhan akar. Kondisi kekurangan nitrogen di dalam tanah akan meningkatkan perkembangan akar namun menyebabkan terhambatnya pertumbuhan pucuk sedangkan kondisi kelebihan nitrogen dapat meningkatkan pertumbuhan pucuk dibandingkan akar sehingga menyebabkan terjadinya penurunan ratio berat kering akar-pucuk serta pada beberapa tumbuhan terjadi penurunan biomassa akar (Wang, et al., 2009). Nitrogen di dalam tanah tersedia dalam bentuk NO_3^- dan NH_4^+ ataupun senyawa organik seperti asam amino.

Hormon (fitohormon) merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan akar. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kondisi kekurangan nitrogen menyebabkan terjadinya peningkatan asam absisat (ABA) dan penurunan sitokinin yang kemudian menyebabkan peningkatan ratio akar dan

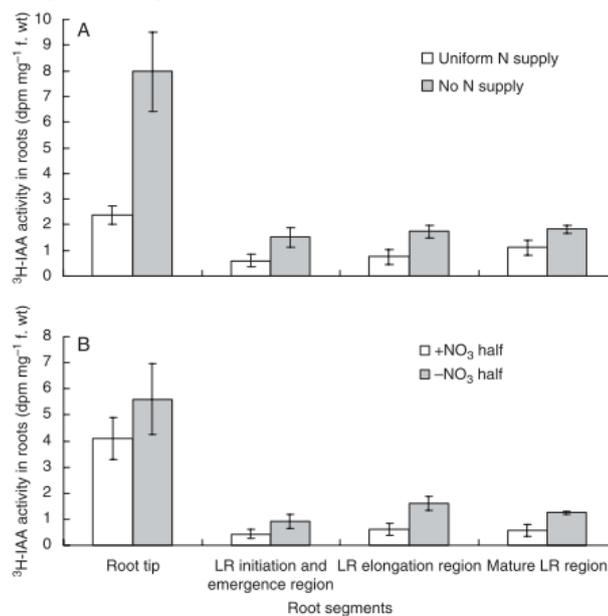
pucuk. Kekurangan nitrogen tidak hanya menyebabkan terjadinya peningkatan ABA namun juga menyebabkan terjadinya peningkatan kandungan Indol-3-Acetic Acid (IAA) endogen pada tanaman jagung. Sebaliknya kondisi kelebihan nitrogen akan menyebabkan terjadinya penurunan ABA dan IAA serta meningkatkan level sitokinin. Peningkatan sitokinin dapat menekan elongasi akar dan pembentukan akar lateral (Lohar, et al., 2004).

Untuk menguatkan kesimpulan dari penelitian sebelumnya, dilakukan kajian terhadap penelitian yang dilakukan oleh Wang, et al. (2009) pada tanaman stroberi dengan tujuan untuk melihat keterkaitan antara perbedaan konsentrasi pemberian nitrogen dengan level IAA, ABA dan isopentenyl adenosine (iPA) endogen dalam kaitannya dengan perkembangan akar. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pemupukan pada tanaman stroberi secara signifikan menurunkan total panjang akar, biomassa akar dan panjang akar spesifik. Panjang akar spesifik merupakan nisbah antara total panjang akar dan biomasanya. Semakin tinggi nilai panjang akar spesifik maka semakin kecil diameter akar (Hairiah dkk, 2004). Pengaplikasian pupuk nitrogen organik-

anorganik yaitu ammonium klorida pada tanaman stroberi secara signifikan menurunkan panjang akar spesifik dibandingkan tanaman tanpa pemupukan (kontrol) dan tanaman yang diberi pupuk. Hal ini menunjukkan bahwa pemupukan dengan nitrogen anorganik mengendalikan pertumbuhan akar tanaman.

Pemupukan nitrogen berkorelasi positif dengan hormon endogen IAA dan ABA pada tanaman stroberi berumur 20 hari dan 40 hari namun pada tanaman stroberi umur 60 hari mengalami penurunan level IAA dan ABA, namun terjadi peningkatan level iPA yang merupakan salah satu hormon sitokinin, sebanyak 3-5 kali lebih tinggi pada tanaman yang diaplikasikan dengan pupuk dibandingkan kontrol. Hal yang sama juga diperoleh pada penelitian (Takei, et al., 2001) yaitu pengaplikasian pupuk nitrogen dapat meningkatkan level sitokinin pada akar.

Berdasarkan hasil pengamatan dengan *radiotracer* pada akar tanaman jagung yang dilakukan oleh Liu, et al. (2010) diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa pemberian NO_3^- secara keseluruhan menyebabkan penurunan transport IAA dari pucuk menuju akar (Gambar 1).



Gambar 1. Transpor IAA: (A) perlakuan pemberian NO_3^- secara keseluruhan; (B) perlakuan pemberian NO_3^- secara lokal

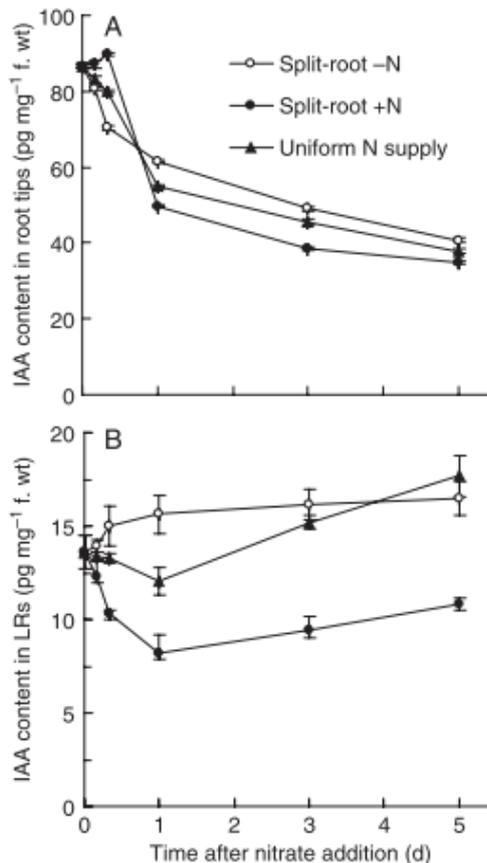
Pada Gambar 1(A) terlihat bahwa pemberian NO_3^- pada dasarnya menyebabkan

penurunan jumlah (^3H)IAA pada akar, khususnya pada ujung akar. Hal tersebut

mengindikasikan bahwa transport IAA secara akropetal terhambat oleh kadar nitrogen. Kemudian dilakukan pengamatan terhadap transport IAA pada akar tanaman yang dibagi menjadi 2 dan diaplikasikan dengan NO_3^- (Gambar 1B). hal yang sama juga terlihat pada perlakuan tersebut yaitu transport auksin terhambat namun dalam jumlah yang lebih sedikit namun tetap berbeda secara signifikan.

Pengukuran kadar auksin pada bagian titik tumbuh akar lateral menunjukkan bahwa kadar auksin mengalami penurunan dalam jumlah yang sedikit pada hari pertama setelah keseluruhan akar dipindahkan dari media tanpa NO_3^- ke media yang mengandung NO_3^- . Namun pada perlakuan NO_3^- secara lokal (sebagian akar dimasukkan ke dalam media

yang mengandung NO_3^-), kandungan auksin mengalami penurunan secara drastis dan konstan pada bagian titik tumbuh akar lateral. Meskipun pengamatan terhadap perpindahan (^3H)IAA menandakan bahwa IAA yang terdeteksi jumlahnya sangat kecil pada bagian ujung akar, namun pada perlakuan pemberian NO_3^- secara keseluruhan pada tanaman memiliki efek yang lebih besar. Hal tersebut mengindikasikan bahwa transport auksin secara akropetal berpengaruh sangat kecil terhadap perubahan kadar auksin pada tanaman yang diaplikasikan dengan pemberian NO_3^- secara lokal (setengah bagian akar) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh pemberian NO_3^- terhadap konsentrasi IAA pada ujung akar (A) dan akar lateral (B). Pengukuran dilakukan pada 4 jam, 8 jam, 12 jam, 1 hari, 3 hari dan 5 hari setelah pemberian NO_3^-

PENGARUH NH_4^+ DAN NH_3^- TERHADAP KANDUNGAN HORMON ENDOGEN DAN PERTUMBUHAN

Beberapa peneliti melaporkan bahwa konsentrasi dan bentuk senyawa nitrogen yang diserap oleh tanaman berpengaruh terhadap

sintesis sitokinin endogen. Tanaman yang ditumbuhkan pada media dengan NH_4^+ sebagai sumber nitrogen memiliki kadar sitokinin yang lebih tinggi dibandingkan media dengan NO_3^- sebagai sumber nitrogen (Garnica, et al., 2010). Berdasarkan penelitian

yang dilakukan oleh Lu, Xu, & Shen (2009) diperoleh hasil bahwa dengan pemberian nitrogen dengan ratio persentase antara NO_3^- dan NH_4^+ yaitu 25% : 75% menyebabkan total panjang akar, rata-rata diameter akar, luas

permukaan akar dan volume akar yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman yang diberi suplai nitrogen dengan NO_3^- homogen ataupun dengan ratio NO_3^- dan NH_4^+ , 50% : 50%.

Tabel 1. Efek pemberian senyawa nitrogen terhadap panjang akar (RL), rata-rata diameter akar (AD), luas permukaan akar (RS) dan volume akar (RV) pada tanaman yang disuplai nitrogen dengan perbedaan ratio antara NO_3^- dan NH_4^+

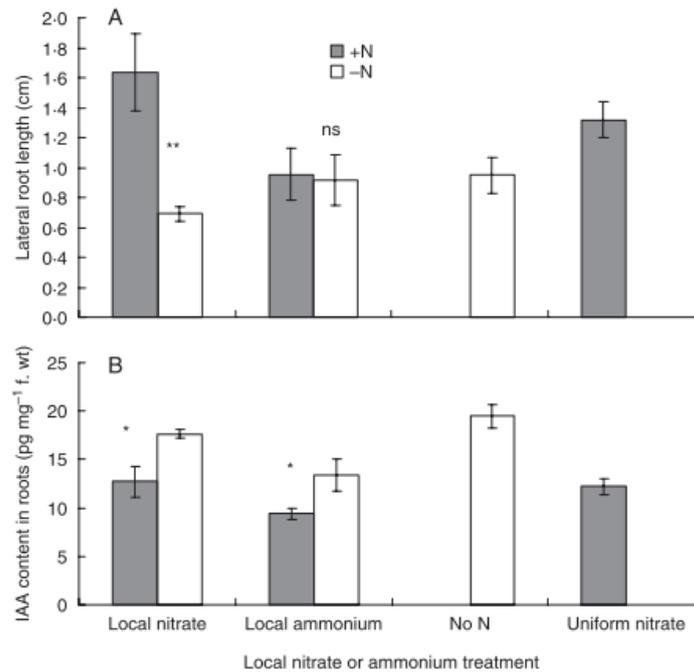
	RL (m/tanaman)	AD (mm/tanaman)	RS (cm ² /tanaman)	RV (cm ³ /tanaman)
100-0	115.4ab*	1.13ab	1.279b	14.19b
75-25	129.7a	1.30a	1.655a	16.84a
50-50	97.98b	0.97b	1.179c	11.96c

*Huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan signifikan ($P < 0.05$)

Beberapa penelitian melaporkan bahwa pengaplikasian nitrogen dalam bentuk NH_4^+ dengan jangka waktu yang lama menyebabkan terjadinya penurunan pertumbuhan, meskipun tingkat penurunan pertumbuhan dipengaruhi pula oleh spesies tumbuhan. Pada penelitian yang dilakukan oleh Garnica, et al. (2010) diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa efek negatif pengaplikasian NH_4^+ homogen tidak hanya terjadi pada tanaman dengan tingkat pengaplikasian yang lama tapi juga berpengaruh terhadap tanaman yang diaplikasikan dalam jangka waktu yang singkat. Tanaman yang diaplikasikan dengan NH_4^+ homogen mengalami penurunan akar yang signifikan lebih tinggi dibandingkan tanaman yang diaplikasikan dengan NO_3^- homogen. Namun hasil yang mencengangkan diperoleh pada penelitian ini, yaitu tanaman yang mengalami penurunan pertumbuhan akibat pengaplikasian NH_4^+ homogen mengalami *recovery* dengan pengaplikasian NO_3^- tanpa tergantung pada dosis yang diberikan. Pemberian NO_3^- dengan konsentrasi

100 μM dengan 5mM memiliki efek *recovery* yang sama, namun efek yang lebih cepat ditunjukkan dengan pemberian konsentrasi yang lebih rendah.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Liu, et al. (2010), perlakuan dengan NH_4^+ secara lokal menyebabkan penurunan level IAA sama halnya dengan perlakuan NO_3^- secara lokal tetapi dengan perlakuan NH_4^+ tidak menstimulasi pertumbuhan akar lateral, berbeda dengan perlakuan NO_3^- (Gambar 3). Konsentrasi IAA pada akar dengan pemberian NH_4^+ yang berbeda memiliki kadar yang lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan NO_3^- . Pada penelitian sebelumnya, hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pemberian NH_4^+ secara lokal meningkatkan jumlah akar lateral tetapi menghambat panjang akar lateral. Hal ini mengindikasikan bahwa penurunan kadar auksin pada akar secara keseluruhan bukan merupakan respon spesifik untuk perlakuan pengaplikasian NH_4^+ , namun lebih menunjukkan peningkatan status nitrogen pada tanaman.



Gambar 3. Perbandingan efek pemberian NO_3^- dan NH_4^+ secara lokal: (A) pertumbuhan akar lateral; (B) konsentrasi IAA

KESIMPULAN

Pengaplikasian nutrisi pada tanaman, dalam hal ini nitrogen mempengaruhi kadar hormon endogen yang akan mempengaruhi pertumbuhan dan morfologi akar yaitu antara lain hormon auksin, sitokinin dan asam absisat. Pengaplikasian pupuk nitrogen pada tanaman dengan bentuk yang berbeda (NO_3^- dan NH_4^+) menghasilkan respon yang berbeda terhadap pertumbuhan akar. Pengaplikasian gabungan antara NO_3^- dan NH_4^+ menghasilkan pertumbuhan akar yang lebih baik dibandingkan penggunaan tunggal keduanya namun pengaplikasian NO_3^- tunggal (homogen) lebih baik dibandingkan NH_4^+ homogen.

DAFTAR PUSTAKA

- Garnica, M., Houdusse, F., Zamarreno, A. M., and Garcia-Mina, J. M. 2010. *The signal effect of nitrate supply enhances active forms of cytokinins and indole acetic content and reduces abscisic acid in wheat plants grown with ammonium*. Journal of Plant Physiology. 167(3): 1264–1272. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2010.04.013>
- Hairiah, K., Sugiarto, C., Utami, S. R.,

- Purnomosidhi, P., dan Roshetko, James M. 2004. *Diagnosis Faktor Penghambat Pertumbuhan Akar Sengon (Paraserianthes falcataria L. Nielsen) pada Ultisol di Lampung Utara*. 89–98. Retrieved from <http://old.worldagroforestry.org/sea/Publications/files/book/BK0063-04/BK0063-04-11.pdf>

- Hartanto, A., Haris, A., and Widodo, D. S. 2009. *Pengaruh kalsium, hormon auksin, giberellin dan sitokinin terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman jagung*. Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi. 12(3): 72–75.

- Liu, J., An, X., Cheng, L., Chen, F., Bao, J., Yuan, L., ... Mi, G. 2010. *Auxin transport in maize roots in response to localized nitrate supply*. Annals of Botany. 106(6): 1019–1026. <https://doi.org/10.1093/aob/mcq202>

- Lohar, D. P., Schaff, J. E., Laskey, J. G., Kieber, J. J., Bilyeu, K. D., and Bird, D. M. K. 2004. *Cytokinins play opposite roles in lateral root formation, and nematode and Rhizobial symbioses*. Plant Journal. 38(2): 203–214. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3113X.2004.02038.x>

- Lu, Y. L., Xu, Y. C., and Shen, Q. R. 2009. *Effects of different nitrogen forms on the growth and cytokinin content in xylem sap of tomato (Lycopersicon esculentum Mill .) seedlings*. Plant Soil. 315(3): 67–77. <https://doi.org/10.1007/s11104-008-9733-y>
- Takei, K., Sakakibara, H., Taniguchi, M., and Sugiyama, T. 2001. *Nitrogen-dependent accumulation of cytokinins in root and the translocation to leaf: Implication of cytokinin species that induces gene expression of maize response regulator*. Plant and Cell Physiology. 42(1): 85–93. <https://doi.org/10.1093/pcp/pce009>
- Wang, B., Lai, T., Huang, Q., Yang, X., and Shen, Q. 2009. *Effect of N fertilizers on root growth and endogenous hormones in strawberry*. Pedosphere: An International Journal, 19(1): 86–95. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(08\)60087-9](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(08)60087-9).