

Analisa Visual Anatomi Akar Padi Aplikasi Pupuk Organik

Jumaria Nasution^{1*}, Surya Handayani², Meiliana Friska³, Siti Hardianti Wahyuni⁴

^{1,2,3,4}Fakultas Pertanian, Universitas Graha Nusantara Padangsidimpuan
Email Correspondent*: ros.jumaria@gmail.com

Abstract

Rice (*Oryza sativa* L.) is a major food commodity in many tropical countries, including Indonesia. Rice productivity is strongly influenced by the plant's ability to absorb water and nutrients through its root system. Rice roots have a typical anatomical structure of monocotyledonous plants, consisting of epidermis, exodermis, cortex, endodermis, pericycle, and a central cylinder containing xylem and phloem. These root anatomical conditions determine the efficiency of nutrient absorption. This study aims to examine the effect of different doses of organic fertilizer (5, 10, and 15 grams per plant) on changes in the anatomical structure of rice (*Oryza sativa* L.) roots. Anatomical studies are important to understand the internal mechanisms underlying increased nutrient absorption efficiency and root adaptation. Root samples from three dose treatments were processed through routine histological methods (FAA fixation, dehydration, paraffin embedding, and microtome sectioning) and stained with Safranin–Fast Green. Visual and comparative analysis was carried out on three parameters of cortex development, the quality of the central cylinder (stele), and the number and diameter of xylem. The results of the visual analysis of the three images showed that the 15g fertilizer treatment had the most significant results in Figure 3.

Keywords: Anatomy, Organic fertilizer, Rice plant roots

Abstrak

Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan komoditas pangan utama di banyak negara tropis termasuk Indonesia. Produktivitas padi sangat dipengaruhi oleh kemampuan tanaman dalam menyerap air dan unsur hara melalui sistem perakarannya. Akar padi memiliki struktur anatomi khas tanaman monokotil, yang terdiri atas epidermis, eksodermis, korteks, endodermis, perisikel, serta silinder pusat yang mengandung xilem dan floem. Kondisi anatomis akar tersebut menentukan efisiensi penyerapan hara, Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh dosis pupuk organik yang berbeda (5, 10, dan 15 gram per tanaman) terhadap perubahan struktur anatomi akar padi (*Oryza sativa* L.). Kajian anatomi penting untuk memahami mekanisme internal yang mendasari peningkatan efisiensi penyerapan hara dan adaptasi akar. Sampel akar dari tiga perlakuan dosis diolah melalui metode histologi rutin (fiksasi FAA, dehidrasi, embedding parafin, dan sectioning mikrotom) dan diwarnai dengan Safranin–Fast Green. Analisis visual dan komparatif dilakukan pada tiga parameter perkembangan korteks, kualitas silinder pusat (stele), serta jumlah dan diameter xilem dari hasil analisa visual dari ketiga gambar adalah terdapat perlakuan pupuk 15 gr paling signifikan hasilnya pada gambar 3.

Kata Kunci: Anatomi, Akar tanaman padi, Pupuk organik

PENDAHULUAN

Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan komoditas pangan utama di banyak negara tropis termasuk Indonesia. Produktivitas padi sangat dipengaruhi oleh kemampuan tanaman dalam menyerap air dan unsur hara melalui sistem perakarannya. Akar padi memiliki struktur anatomi khas tanaman monokotil, yang terdiri atas epidermis,

eksodermis, korteks, endodermis, perisikel, serta silinder pusat yang mengandung xilem dan floem. Kondisi anatomis akar tersebut menentukan efisiensi penyerapan hara, kemampuan transportasi internal, serta ketahanan tanaman terhadap cekaman lingkungan seperti kekeringan atau defisiensi nutrisi.

Ketersediaan unsur hara memiliki pengaruh signifikan terhadap struktur anatomi akar. Tanah yang miskin unsur hara akan menghasilkan akar dengan perkembangan jaringan yang kurang optimal, sedangkan kondisi tanah yang kaya bahan organik mendorong pembentukan akar dengan jaringan korteks lebih berkembang dan xilem lebih besar (Yulianti & Supriyadi, 2021). Penggunaan pupuk anorganik yang berlebihan telah meningkatkan produktivitas tanaman, namun berdampak pada degradasi tanah, penurunan bahan organik, serta berkurangnya populasi mikroba yang berperan dalam kesehatan akar (Bhardwaj et al., 2014).

Sebagai solusi, penggunaan pupuk organik semakin diutamakan dalam sistem pertanian berkelanjutan. Zhang et al. (2009) melaporkan bahwa pupuk organik mampu memperbaiki struktur tanah, meningkatkan porositas, serta menciptakan kondisi yang baik bagi perkembangan akar. Selain itu, pupuk organik menyediakan unsur hara secara bertahap dan meningkatkan aktivitas mikroorganisme yang mendukung pembentukan jaringan akar yang lebih sehat (Rahman et al., 2010). Hal ini sejalan dengan pendapat Bisht dan Choudhary (2019) bahwa aplikasi pupuk organik meningkatkan pembentukan akar lateral, penebalan korteks, dan memperkuat diferensiasi jaringan vaskuler.

Pada akar padi, pupuk organik terbukti meningkatkan diameter akar, ketebalan korteks, serta jumlah dan ukuran pembuluh xilem (Abid et al., 2016). Perubahan anatomi ini sangat penting karena menunjukkan meningkatnya kapasitas akar untuk menyerap hara dan air, yang selanjutnya berdampak pada pertumbuhan dan produktivitas tanaman

secara keseluruhan. Namun demikian, meskipun berbagai penelitian telah mengungkap manfaat fisiologis pupuk organik terhadap pertumbuhan akar padi, kajian yang secara spesifik membahas perubahan struktur anatomi akar padi akibat perlakuan pupuk organik masih terbatas.

Oleh karena itu, penelitian mengenai anatomi akar padi di bawah pengaruh pupuk organik menjadi sangat penting. Kajian anatomi tidak hanya memberikan gambaran mendalam mengenai perubahan jaringan, tetapi juga membantu memahami mekanisme internal yang mendasari peningkatan kesehatan akar dan efisiensi penyerapan hara.

METODE

Penelitian dilakukan dilaboratorium Universitas Graha nusantara Padangsidempuan pada bulan Februari sampai Juni 2025.

Bahan dan alat

Bahan yang digunakan adalah akar tanaman padi perlakuan pupuk organik dengan berbagai konsentrasi 5, 10, 15 gr pertanaman. Pengambilan akar tanaman 2 – 3cm, Pisau bedah, Pinset dan gunting kecil, Vial/fixative bottles (20–50 mL), Mikrotom rotary atau mikrotom semi-otomatis, Oven/embedding station (56–58 °C), Cetakan embedding (molds) dan baki pendingin, Micropipet, gelas ukur, gelas kimia, Mikroskop cahaya, kamera digital mikroskop, Rak pewarnaan, beaker, gelas reaksi, Rak pewarnaan, beaker, gelas reaksi, Aquadest / distilled water, Etanol 70%, 80%, 95%, 100% (etanol teknis), Xylene atau HistoClear (clearing agent), Parafin (mp ≈ 56 °C) atau resin (Technovit / Spurr) jika diperlukan, FAA (Formalin–Acetic Acid–Alcohol) — resep di bawah, Safranin O 1%

(air) Fast Green 0.1% (dalam etanol 95%), Toluidine Blue O 0.05% (opsional), Mounting medium (DPX, Entellan) dan kaca penutup ,gelatin

Protokol Langkah per Langkah

1. Pengambilan Sampel

- a. Pilih tanaman dan umur pengambilan sesuai tujuan (mis. akar primer 2–3 cm dari ujung untuk anatomi perkembangan).
- b. Potong akar dengan pisau steril sepanjang 1–2 cm dari zona yang diinginkan. Ambil 3–5 potongan per tanaman untuk replikasi.
- c. Segera masukkan potongan akar ke vial berisi FAA (perbandingan sampel:fixative rasio \approx 1:10). Tutup rapat. Catatan: jangan biarkan jaringan mengering.

2. Fiksasi

- a. Fiksasi di FAA selama 24–48 jam pada suhu kamar. Untuk penyimpanan lebih lama, pindahkan ke etanol 70% setelah fiksasi.
- b. Bila ingin mengamati enzim atau komponen halus, gunakan alternatif fixative (mis. paraformaldehida 4%).

3. Pencucian & Dehidrasi

- a. Bilas sampel 2 \times dengan aquadest (5–10 menit tiap kali) untuk menghilangkan sisa formalin.
- b. Dehidrasi bertahap: etanol 70% (30–60 menit) \rightarrow 80% (30 menit) \rightarrow 90% (30 menit) \rightarrow 95% (30 menit) \rightarrow 100% (2 \times 30 menit). Pastikan semua air keluar sebelum clearing.

4. Clearing (pembersihan)

- a. Masukkan ke xylene atau pengganti (histoclear) 2 \times 20–30 menit untuk menggantikan etanol; lakukan di lemari asam.

- b. Pastikan jaringan transparan/semi-transparan sebagai indikasi clearing berhasil.

5. Infiltrasi & Embedding (Parafin)

- a. Pindahkan jaringan ke parafin cair (56–58 °C) di oven/embedding station: 2–3 kali perpindahan, 30–60 menit tiap kali, agar parafin benar-benar masuk.
- b. Letakkan potongan akar di cetakan embedding/embedding mold, orientasi untuk penampang melintang (cross section). Isi cetakan dengan parafin, biarkan mendingin dan mengeras pada rak pendingin. Catatan: Jika ingin detail ultrastruktur, gunakan resin (Technovit); ikuti protokol resin produsen.

6. Sectioning (Pemotongan)

- a. Set mikrotom: gunakan pisau tajam; ketebalan iris untuk akar padi: 8–12 μ m (parafin). Untuk detail lebih halus turun hingga 5 μ m.
- b. Potong blok parafin dengan gerakan halus. Ambil irisan ke air hangat (~40 °C) pada water bath jika tersedia, lalu angkat ke gelas objek yang sudah dilapisi adhesive (poly-L-lysine).
- c. Keringkan gelas di rak pengering atau oven 37 °C hingga bagian parafin melekat.

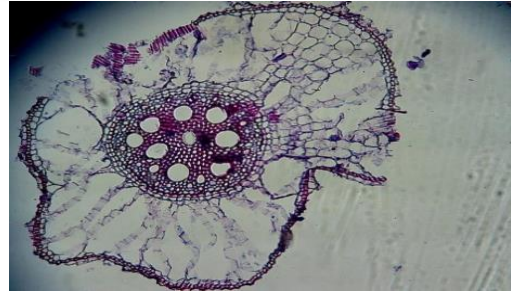
7. Deparafinasi & Rehidrasi

- a. Xylene 2 \times 5 menit untuk menghilangkan parafin.
- b. Etanol 100% \rightarrow 95% \rightarrow 80% \rightarrow 70% \rightarrow aquadest (masing-masing 2–3 menit) untuk rehidrasi.

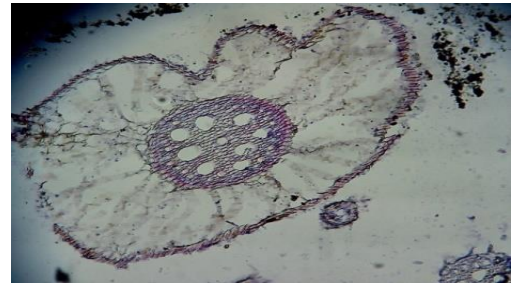
Pewarnaan (Safranin–Fast Green)

- a. Rendam slide di Safranin O 1% (air) selama 5–10 menit (safranin mewarnai lignin/dinding sekunder).
- b. Bilas singkat di aquadest.

- c. Rendam di Fast Green 0.1% (dalam etanol 95%) selama 30–60 detik sampai latar hijau muncul.
 - d. Dehidrasi cepat: etanol 95% → 100% → xylene.
 - e. Mounting dengan DPX/Entellan; tutup dengan kaca penutup; biarkan mengeras.
9. Pemeriksaan & Dokumentasi Mikroskopis
- a. Amati pada objektif rendah (4×, 10×) untuk orientasi, lalu 40× untuk detail jaringan.
 - b. Ambil foto dengan kamera mikroskop; simpan sebagai TIFF/JPEG lossless. Ambil beberapa bidang representative per slide (mid-cortex, dekat stele, ujung akar).
 - c. Catat kondisi setiap slide (perlakuan, nomor replikasi, tanggal).
10. Analisis gambar.
- a. Kalibrasi skala: buka gambar micrometer slide, Set Scale (pixels → μm).
 - b. Ukur parameter: diameter akar total, ketebalan korteks, ketebalan endodermis, jumlah & diameter xilem, luas stele. Gunakan ROI manager & Measure.
 - c. Untuk area/fraction gunakan thresholding → Analyze Particles. Simpan data sebagai CS



Gambar 2. Anatomi akar tanaman pupuk 10 gr



Gambar 3. Anatomi akar tanaman pupuk 15 g

1. Struktur Korteks dan Pembentukan Aerenkim

Tabel 1. Struktur korteks

Perbedaan gambar	Diameter batang (mm)
Gambar 1 anatomi akar	Jaringan korteks renggang ruang aerenkim yang sangat besar korteks yang tidak teratur
Gambar 2 anatomi akar	jaringan korteks lebih padat dan sel-selnya tampak lebih utuh dibandingkan Gambar 1, meskipun ruang aerenkim tetap jelas. Terdapat banyak lapisan sel yang teratur mengelilingi stele.
Gambar 3 anatomi akar	Korteks tampak tebal dengan sel-sel yang relatif utuh dan teratur. Ruang aerenkim terbentuk dengan baik, tetapi tidak serenggang Gambar 1.

Jaringan Korteks merupakan lapisan terluar akar yang dicirikan oleh pembentukan ruang udara (Aerenkim). Gambar 1 (Dosis 5 g/tanam) menunjukkan korteks yang renggang dan tidak teratur, sebuah kondisi yang mengindikasikan perkembangan jaringan kurang optimal. Sebaliknya, Gambar 3 (Dosis 15 g/tanam) memperlihatkan korteks yang lebih tebal dan terorganisir. Penebalan korteks pada dosis

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 1. Anatomi akar tanaman pupuk 5 gr

optimal menunjukkan respons positif akar, karena kondisi tanah yang kaya bahan organik mendorong pembentukan akar dengan jaringan korteks lebih berkembang. Penebalan korteks ini terjadi karena pupuk organik mampu memperbaiki struktur tanah, meningkatkan porositas, serta menciptakan kondisi yang baik bagi perkembangan akar. Hal ini menunjukkan bahwa dosis 15 g/tanam memberikan ketersediaan nutrisi yang cukup untuk mendukung pertumbuhan jaringan penyimpanan yang optimal. Penebalan korteks yang signifikan pada dosis optimal (Gambar 3) menunjukkan respons adaptif yang kuat. Hal ini sejalan dengan kondisi tanah yang kaya bahan organik mendorong pembentukan akar dengan jaringan korteks lebih berkembang (Yulianti & Supriyadi, 2021). Penebalan ini terjadi karena pupuk organik mampu memperbaiki struktur tanah, meningkatkan porositas, serta menciptakan kondisi yang baik bagi perkembangan sel-sel akar (Zhang et al., 2009). Secara fungsional, korteks yang tebal meningkatkan kapasitas penyimpanan cadangan makanan dan air, yang merupakan indikator penting dalam adaptasi dan ketahanan tanaman

2. Silinder Pusat (*Stele*)

Tabel 2. Slinder pusat

Perbedaan gambar	Slinder pusat
Gambar 1 anatomi akar padi	Rasio Stele terhadap Diameter Akar Total terlihat kecil, menunjukkan jaringan vaskuler mungkin kurang berkembang relatif terhadap ukuran akar
Gambar 2 anatomi akar padi	Stele tampak kompak dengan jaringan di sekitarnya (perisikel dan endodermis) yang padat dan jelas. Ukuran relatif stele terlihat
Gambar 3 anatomi akar padi	Stele tampak paling besar dan paling dominan relatif terhadap korteks di antara ketiga gambar, dengan banyak lapisan perisikel/endodermis yang terlihat teratur dan tebal.

Silinder Pusat (*Stele*) adalah bagian terdalam akar, dibatasi oleh endodermis, yang mengandung seluruh jaringan vaskuler. Kualitas Stele ini sangat vital dalam regulasi penyerapan hara. Gambar 3 (Dosis 15 g/tanam) menunjukkan Stele yang tampak paling besar, masif, kompak, dan terdiferensiasi dengan baik, dengan penebalan lapisan perisikel/endodermis yang terlihat teratur dan tebal. Di sisi lain, Gambar 1 (Dosis 5 g/tanam) memiliki rasio Stele terhadap Diameter Akar Total yang terlihat kecil.

Diferensiasi jaringan Stele yang kuat pada dosis 15 g/tanam mengindikasikan bahwa dosis ini optimal dalam memperkuat jaringan internal. Aplikasi pupuk organik meningkatkan pembentukan akar lateral, penebalan korteks, dan memperkuat diferensiasi jaringan vaskuler (Bisht dan Choudhary, 2019). Kondisi Stele yang terorganisir dan besar (Gambar 3) menunjukkan bahwa pupuk organik telah meningkatkan aktivitas mikroorganisme yang mendukung pembentukan jaringan akar yang lebih sehat (Rahman et al., 2010). Penguatan diferensiasi Stele pada dosis optimal ini merupakan faktor yang menentukan efisiensi penyerapan hara dan adaptasi tanaman terhadap cekaman lingkungan

3. Diferensiasi Jaringan Vaskuler (*Xilem*)

Tabel 3. Jaringan Vaskular

Perbedaan gambar	Vaskular
Gambar 1 anatomi akar	Terdapat pembuluh xilem yang berdiameter besar, namun jumlahnya relatif sedikit (sekitar 7-8). Susunan jaringan pendukung di sekitarnya tampak kurang padat
Gambar 2 anatomi akar	Xilem berdiameter seragam dan jumlahnya lebih banyak dari Gambar 1 (sekitar 9-10). Jaringan di sekitar xilem sangat padat dan terorganisi

Gambar 3 anatomi akar

Kombinasi antara jumlah xilem yang banyak (sekitar 9-10) dan diameter xilem yang paling besar di antara ketiga gambar.

Jaringan Xilem yang berada di dalam Stele merupakan penentu utama kapasitas transportasi air dan unsur hara dari akar ke seluruh tajuk tanaman, di mana efisiensi sangat dipengaruhi oleh jumlah dan diameter pembuluhnya. Analisis komparatif menunjukkan bahwa Gambar 3 (Dosis 15 g/tanam) memperlihatkan hasil terbaik, yaitu kombinasi optimal antara jumlah pembuluh xilem yang banyak (sekitar 9-10) dan diameter xilem yang paling besar. Perbedaan ini mencolok jika dibandingkan dengan Gambar 1 (Dosis 5 g/tanam) yang memperlihatkan jumlah xilem yang relatif sedikit (sekitar 7-8).

Peningkatan signifikan pada jumlah dan ukuran pembuluh xilem pada dosis 15 g/tanam ini sangat mendukung pada anatominya. Pupuk organik pada akar padi terbukti meningkatkan jumlah dan ukuran pembuluh xilem (Abid et al., 2016). Perubahan anatomi ini berakar pada kondisi tanah, di mana kondisi yang kaya bahan organik, seperti yang diciptakan oleh dosis pupuk optimal, mendorong pembentukan xilem yang lebih besar (Yulianti & Supriyadi, 2021). Peningkatan diameter xilem sangat krusial karena secara fisik, laju aliran air proporsional terhadap pangkat empat jari-jari pembuluh; dengan demikian, peningkatan ukuran ini meningkatkan kapasitas transportasi secara eksponensial. Secara keseluruhan, perubahan anatomi ini memberikan bukti kuat bahwa dosis 15 g/tanam menghasilkan akar dengan efisiensi transportasi internal tertinggi, yang merupakan prasyarat vital untuk

pertumbuhan dan produktivitas tanaman optimal

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis visual komparatif terhadap anatomi akar padi di bawah pengaruh dosis pupuk organik yang berbeda, dapat disimpulkan bahwa dosis pupuk organik 15 gram per tanaman (Gambar 3) menghasilkan perkembangan jaringan akar yang paling optimal dibandingkan dosis 5 dan 10 gram per tanaman baik perkembangan Korteks, stele dan jaringan vaskuler xilem paling optimal pada dosis 15 g/tanaman, ditunjukkan oleh jaringan yang tebal dan terorganisir, yang meningkatkan kapasitas penyimpanan cadangan makanan dan air.

DAFTAR PUSTAKA

- Abid, S. H., Raza, S., & Hussain, S. (2016). Effects of organic fertilizer on root anatomy and xylem development in rice (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Agricultural Science and Research*, 6(2), 11–18.
- Bhardwaj, A. K., Yadav, R. K., & Sharma, V. K. (2014). Environmental impact of excessive inorganic fertilizer use: Soil degradation and microbial population decline. *Journal of Environmental Science and Technology*, 7(4), 180–188.
- Bisht, K., & Choudhary, M. (2019). Organic fertilizer application enhances lateral root formation, cortical thickening, and vascular differentiation in crop plants. *Plant and Soil*, 438(1–2), 155–168.
- Rahman, M. M., Hossain, M. Z., & Ali, M. Y. (2010). Gradual nutrient release and enhanced microbial activity through organic fertilizer application in agricultural soils. *Applied Soil Ecology*, 46(2), 173–180.
- Yulianti, T., & Supriyadi, S. (2021). Korelasi kondisi tanah kaya bahan organik dengan perkembangan korteks dan

xilem pada akar padi (*Oryza sativa* L.).
Jurnal Agronomi Indonesia, 49(1), 1–8.

Zhang, Q., Li, W., & Wang, Z. (2009).
Improving soil structure and porosity
using organic amendments: A field
study. *Soil Biology and Biochemistry*,
41(4), 819–826.