



PAPER – OPEN ACCESS

Pertumbuhan Vegetatif Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) pada Berbagai Tingkat Naungan dan Dosis Pupuk Organik Padatan

Author : Ahmad Rusdi Tarihoran, et al
DOI : 10.32734/anr.v7i1.2563
Electronic ISSN : 2654-7023
Print ISSN : 2654-7015

Volume 7 Issue 1 – 2026 TALENTA Conference Series: Agriculturan & Natural Resources (ANR)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/).
Published under licence by TALENTA Publisher, Universitas Sumatera Utara



Pertumbuhan Vegetatif Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) pada Berbagai Tingkat Naungan dan Dosis Pupuk Organik Padatan

*Vegetative Growth of Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) at Various Shading Levels and Solid Organic Fertilizer Doses*

Ahmad Rusdi Tarihoran, T. Irmansyah, Chairani Hanum

Program Studi Agroteknologi FP USU, Jalan Prof. A. Sofyan No. 3, Kampus USU Padang Bulan Medan 20155, Indonesia

Chairani@usu.ac.id

Abstrak

Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) merupakan komoditas strategis yang penting untuk diversifikasi pangan dan ketahanan pangan, khususnya di lahan marginal. Namun, produktivitasnya di Indonesia sering belum optimal. Salah satu faktor pembatas utama adalah stres naungan, terutama dalam sistem tumpang sari, yang menyebabkan depresi fotosintesis dan menghambat pertumbuhan. Penggunaan pupuk organik padatan, khususnya Petroganik, diharapkan dapat memperbaiki kondisi perakaran dan serapan hara sebagai strategi mitigasi dampak negatif naungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi respons pertumbuhan vegetatif tanaman sorgum terhadap perbedaan tingkat naungan, berbagai dosis pupuk organik padatan Petroganik, serta interaksi antara kedua faktor perlakuan tersebut. Penelitian dilaksanakan di Medan pada titik koordinat 3°34'51"N 98°36'57"E dengan ketinggian ± 29 mdpl mulai Maret hingga September 2025. Rancangan Petak Terpisah (RPT) dengan tiga ulangan digunakan. Petak utama adalah naungan (tanpa naungan dan naungan 40%). Anak petak adalah dosis pupuk Petroganik (0 g, 406 g, 506 g, dan 606 g per tanaman). Hasil penelitian menunjukkan perlakuan tanpa naungan memberikan pertumbuhan vegetatif lebih baik. Kombinasi tanpa naungan dan pupuk 606 g/tanaman memberikan rata-rata tertinggi untuk parameter diameter batang, tinggi tanaman, luas daun, volume akar, bobot kering tajuk, dan bobot kering akar. Namun, rata-rata klorofil tertinggi justru ditemukan pada kombinasi naungan 40% dan pupuk 606 g/tanaman.

Kata Kunci: sorgum; naungan; pupuk organik; pertumbuhan vegetatif; petroganik

Abstract

*Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) is a strategic commodity for food diversification and security on marginal lands. However, its Indonesian productivity is often suboptimal. A primary limiting factor is shading stress, especially in intercropping, which induces photosynthetic depression and impedes growth. Applying solid organic fertilizer (Petroganik) is expected to improve root conditions and nutrient uptake to mitigate shading impacts. This study evaluated sorghum's vegetative growth response to different shading levels, Petroganik dosages, and their interaction. The research occurred in Medan (3°34'51"N 98°36'57"E; ± 29 masl) from March to September 2025. A Split-Plot Design (SPD) with three replications was used. Main plots were shading (no shading, 40% shading); subplots were Petroganik dosage (0, 406, 506, 606 g/plant). Results indicated the no-shading treatment yielded superior vegetative growth. The no-shading/606 g/plant combination yielded the highest means for stem diameter, plant height, leaf area, root volume, shoot dry weight, and root dry weight. However, the highest mean chlorophyll content was found in the 40% shading/606 g/plant combination.*

Keywords: sorghum; shade; organic fertilizer; vegetative growth; petroganik

1. Pendahuluan

Sorgum (*Sorghum bicolor*) sebagai komoditas kunci ketahanan pangan dan diversifikasi di Indonesia. Sorgum memiliki peran strategis dalam pemanfaatan lahan marginal karena daya adaptasi tingginya terhadap perubahan iklim, suhu ekstrem, dan kondisi lahan kering. Indonesia memiliki potensi lahan kering marginal yang sangat luas, mencapai sekitar 63.4 juta hektar, yang

jika dimanfaatkan berpotensi menghasilkan 6 hingga 10 juta ton sorgum per tahun. Keunggulan ini, termasuk efisiensi penggunaan air, menjadikan sorgum respons proaktif yang sangat potensial terhadap tantangan pertanian di lahan-lahan yang kurang subur (Chadalavada et al., 2021).

Perkebunan karet di Indonesia memiliki potensi optimalisasi lahan pada fase Tanaman Belum Menghasilkan (TBM) yang berlangsung 30-36 bulan. Gawangan yang masih terbuka dapat dimanfaatkan melalui sistem tumpang sari untuk memberikan nilai tambah bagi petani. Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) merupakan tanaman sela yang sesuai karena memiliki nilai ekonomis, meningkatkan produktivitas lahan, dan memperbaiki biologi tanah melalui mikoriza. Desain jarak tanam karet yang dianjurkan telah mempertimbangkan penanaman palawija di sela-sela agar mendapat cahaya matahari cukup (Nasution et al., 2017).

Ariningsih et al. (2023) menyebutkan bahwa meskipun potensi hasil sorgum di lahan marginal bisa mencapai 6-10 juta ton per tahun, pengembangan sorgum di Indonesia terhambat oleh kompleksitas kendala di seluruh rantai nilai. Data dari Badan Pusat Statistik (BPS, 2019-2020) menunjukkan bahwa realisasi produksi nasional sorgum saat ini masih sangat kecil, hanya berkisar antara 4.000–7.695 ton per tahun. Rendahnya produksi tahunan ini disebabkan oleh tantangan utama pada tahap budidaya (on-farm) karena rendahnya pengetahuan teknis petani, serta terbatasnya akses dan kepastian pasar. Identifikasi masalah ini menunjukkan urgensi inovasi agronomis untuk menutup jurang hasil (yield gap) tersebut.

Penelitian tentang naungan timbal balik pada sorgum di lapangan menunjukkan bahwa kekurangan cahaya memicu depresi fotosintesis bersih karena perubahan anatomi daun dan penurunan kerapatan stomata. Secara fisiologis, cahaya lemah menghambat penyerapan CO₂ dan mengurangi aktivitas transportasi elektron fotosintesis (PET), serta membatasi kapasitas enzim Rubisco. Hal ini mengkonfirmasi bahwa, meskipun sorgum tanaman C₄, stres naungan tetap menjadi faktor pembatas kritis bagi akumulasi biomassa (Li et al., 2014).

Wangiyana dan Erawati (2022) menegaskan bahwa kompetisi cahaya adalah faktor pembatas utama dalam sistem tumpangsari. Naungan interspesifik yang timbul dari kepadatan dan pola tanam yang kurang tepat terbukti berdampak signifikan pada komponen hasil biji dan indeks panen sorgum. Temuan ini menyoroti pentingnya manajemen cahaya melalui penataan jarak tanam untuk memastikan distribusi cahaya optimal, memitigasi stres naungan, dan mencegah penurunan produktivitas yang substansial.

Novianti et al. (2023) menyebutkan bahwa potensi Pupuk Organik Padatan Petroganik dalam meningkatkan parameter pertumbuhan vegetatif dan komponen hasil sorgum (tinggi, jumlah daun, bobot biji). Hasil ini memberikan data empiris krusial mengenai dosis efektif Petroganik, yang sangat penting untuk dijadikan acuan dalam perumusan perlakuan nutrisi pada penelitian interaktif terhadap naungan ini, demi meningkatkan efisiensi pemupukan.

Nie et al. (2024) menyebutkan bahwa substitusi pupuk organik dalam jangka pendek meningkatkan hasil sorgum secara signifikan melalui perbaikan karakteristik fisikokimia tanah dan regulasi komunitas mikroba. Dosis substitusi 50% dilaporkan paling optimal karena terbukti mengurangi alkalinitas, meningkatkan aktivitas enzim, dan memperbaiki kualitas biji (protein, pati). Temuan ini menekankan bahwa pupuk organik mendukung transisi ke pertanian berkelanjutan dan meningkatkan kesehatan ekosistem tanah secara komprehensif.

Penelitian interaksi langsung oleh Barus et al. (2023) melaporkan bahwa meskipun naungan mengurangi hasil sorgum, aplikasi pupuk organik menunjukkan efek mitigasi atau kompensasi terhadap stres tersebut. Interaksi ini ditunjukkan dengan hasil bahwa tanaman yang diberi pupuk organik di bawah naungan memiliki tinggi yang tidak berbeda signifikan dengan tanaman di lahan terbuka yang juga diberi pupuk. Bukti ini membenarkan urgensi penelitian ini untuk menguji secara detail kombinasi dosis nutrisi organik spesifik yang dapat menetralkan dampak negatif naungan terhadap pertumbuhan dan produksi sorgum.

2. Metode

Penelitian ini akan dilaksanakan di Jalan Puskesmas I LK.IV, Kelurahan Sunggal, Kecamatan Medan Sunggal, Kota Medan, Provinsi Sumatera Utara pada titik koordinat 3°34'51"N 98°36'57"E dengan ketinggian ± 29 mdpl. Waktu penelitian dilakukan pada bulan Maret 2025 sampai September 2025. Bahan yang digunakan adalah benih sorgum varietas Numbu, pupuk organik padatan petroganik dan air. Alat yang digunakan adalah cangkul, gembor, meteran, jangka sorong, ember, gayung, pacak, alat tulis, buku data, tali, pisau, plakat nama, timbangan analitik, handsprayer, komputer dan telepon genggam.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Petak Terpisah (RPT) dengan Petak Utama (Main Plot) terdiri dari 2 perlakuan naungan yaitu (N0) Tidak Ternaungi dan (N1) Naungan 40%. Petak ternaungi dipasang paranet 40% berukuran 575 cm x 315 cm pada ketinggian 300 cm. Anak Petak (Sub Plot) terdiri atas Pupuk Organik Padatan Petroganik dengan 4 taraf perlakuan yaitu: (P0) Kontrol (Tanpa Pengaplikasian Pupuk), (P1) 406 gram, (P2) 506 gram, (P3) 606 gram. Sehingga diperoleh 8 kombinasi

perlakuan, dengan 3 ulangan. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan pengaruh yang nyata, maka dilanjutkan dengan Uji Beda Rataan berdasarkan Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada taraf 5%.

Parameter yang diamati adalah tinggi tanaman (cm), diameter batang (mm), luas daun (cm²), uji klorofil (nm), bobot basah tajuk (g), bobot basah akar (g) volume akar (ml), bobot kering tajuk (g), bobot kering akar (g).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Tinggi tanaman

Data dan hasil analisis sidik ragam parameter tinggi tanaman menunjukkan bahwa perlakuan naungan, dosis pupuk, maupun interaksi antara keduanya tidak menunjukkan pengaruh nyata terhadap parameter tinggi tanaman. Tabel 1 menunjukkan tinggi sorgum mulai dari 2 hingga 9 MST pemberian pupuk organik padat petrogenik pada tanaman yang ternaungi dan tidak ternaungi belum menunjukkan perbedaan tinggi yang jauh berbeda.

Tabel 1. Tinggi Tanaman Sorgum Umur 2-9 Minggu Setelah Tanam (MST) Dengan Perlakuan Naungan dan Dosis Pupuk Petroganik

MST	Naungan	Dosis Pupuk Petroganik (g/tanaman)				Rataan
		0 g (P0)	406 g (P1)	506 g (P2)	606 g (P3)	
		cm.....				
2	N0 (Tanpa Naungan)	32.89	33.22	32.28	35.00	33.35
	N1 (Naungan)	36.17	32.56	35.72	33.33	34.44
	Rataan	34.53	32.89	34.00	34.17	
3	N0 (Tanpa Naungan)	52.78	57.72	51.83	56.67	54.75
	N1 (Naungan)	65.17	55.22	64.61	56.78	60.44
	Rataan	58.97	56.47	58.22	56.72	
4	N0 (Tanpa Naungan)	80.94	88.58	81.78	85.89	84.30
	N1 (Naungan)	88.39	76.61	91.33	79.11	83.86
	Rataan	84.66	82.60	86.56	82.50	
5	N0 (Tanpa Naungan)	106.78	119.67	110.50	113.33	112.57
	N1 (Naungan)	118.33	97.17	114.67	98.50	107.17
	Rataan	112.56	108.42	112.58	105.92	
6	N0 (Tanpa Naungan)	140.94	153.33	152.00	152.89	149.79
	N1 (Naungan)	150.94	125.50	149.33	128.28	138.51
	Rataan	145.94	139.42	150.67	140.58	
7	N0 (Tanpa Naungan)	161.11	177.11	175.33	179.89	173.36
	N1 (Naungan)	173.17	145.06	173.83	148.83	160.22
	Rataan	167.14	161.08	174.58	164.36	
8	N0 (Tanpa Naungan)	181.22	199.06	198.39	203.89	195.64
	N1 (Naungan)	190.56	168.78	191.33	164.22	178.72
	Rataan	185.89	183.92	194.86	184.06	
9	N0 (Tanpa Naungan)	200.39	217.61	215.33	220.89	213.56
	N1 (Naungan)	204.78	187.00	208.00	183.22	195.75
	Rataan	202.58	202.31	211.67	202.06	

Data pada hasil Tabel 1 parameter tinggi tanaman menunjukkan bahwa perlakuan naungan maupun tanpa naungan tidak memberikan hasil yang berbeda, hal ini dapat menandakan bahwa sorgum mampu beradaptasi dalam keadaan cukup maupun kekurangan cahaya akibat perlakuan naungan. Hal ini sejalan dengan Wicaksana *et al.* (2021) menyebutkan bahwa perbedaan yang tidak signifikan ini mengindikasikan bahwa sorgum memiliki plastisitas fenotipik yang baik, memungkinkannya beradaptasi terhadap kondisi cahaya suboptimal tanpa mengorbankan pertumbuhan vertikal secara drastis.

Rata-rata tinggi tanaman pada semua perlakuan pemupukan tidak berbeda nyata jika dibandingkan dengan kontrol. Tidak adanya respons yang signifikan ini mengindikasikan bahwa status kesuburan awal tanah kemungkinan sudah cukup baik untuk menopang pertumbuhan tanaman. Hal ini sejalan dengan Irawan dan Setyowati (2020) yang menyatakan bahwa pada tanah subur, respons tanaman terhadap pemupukan tambahan seringkali tidak terlihat nyata. Selain itu, seperti yang dikemukakan oleh Siregar *et al.* (2019), pupuk organik memiliki sifat pelepasan hara yang lambat (*slow-release*), sehingga pengaruhnya terhadap pertumbuhan vegetatif kemungkinan belum terekspresikan secara optimal.

3.2. Diameter batang

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan tunggal naungan dan tanpa naungan tidak berpengaruh nyata, sedangkan perlakuan tunggal dosis pupuk 406 gram, 506 gram dan 606 gram per tanaman tidak berpengaruh nyata, namun interaksi antara keduanya berpengaruh nyata.

Tabel 2. Diameter Tanaman Sorgum Umur 9 Minggu Setelah Tanam (MST) dengan Perlakuan Naungan dan Dosis Pupuk Petroganik

Naungan	Dosis Pupuk Petroganik (g/tanaman)				Rataan
	0 g (P0)	406 g (P1)	506 g (P2)	606 g (P3)	
	mm.....				
N0 (Tanpa Naungan)	12.00ab	15.12bc	15.99cd	16.97d	15.02
N1 (Naungan)	12.04a	10.35a	11.67a	10.74a	11.20
Rataan	12.02	12.73	13.83	13.86	

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama atau baris yang sama menunjukkan berbeda nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf $\alpha = 5\%$

Data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa pada kondisi tanpa naungan, tanaman memberikan respons positif yang nyata terhadap pemupukan. Teramati adanya peningkatan diameter batang yang konsisten dari P0 hingga P3. Hal ini mengindikasikan bahwa dengan suplai cahaya yang melimpah, tanaman mampu memanfaatkan nutrisi secara efisien untuk memaksimalkan laju fotosintesis dan mengalokasikannya pada pertumbuhan sekunder batang. Sebaliknya, pada kondisi ternaungi, respons tanaman terhadap pemupukan menjadi negatif. Penambahan dosis pupuk justru cenderung mengakibatkan penurunan diameter batang jika dibandingkan dengan kontrol (P0), seperti yang terlihat pada dosis P1 dan P3. Fenomena interaksi ini menegaskan bahwa cahaya merupakan faktor pembatas utama dalam penelitian ini. Tanpa energi yang cukup dari fotosintesis, tanaman tidak dapat memetabolisme nutrisi tambahan dari pupuk. Hal ini sejalan dengan prinsip faktor pembatas yang dijelaskan oleh Sardans and Peñuelas (2021), di mana penambahan satu sumber daya (hara) tidak akan memberikan dampak positif jika sumber daya paling krusial lainnya (cahaya) tidak mencukupi, bahkan berpotensi menekan pertumbuhan

3.3. Luas daun

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa pada umur 3 MST, tidak terdapat pengaruh nyata dari perlakuan naungan, dosis pupuk, maupun interaksinya. Namun, pada umur 9 MST, interaksi antara naungan dan dosis pupuk menunjukkan pengaruh yang berpengaruh nyata, sementara pengaruh tunggal naungan dan pupuk tidak berbeda nyata.

Tabel 3. Luas Daun Tanaman Sorgum Umur 3 Minggu Setelah Tanam (MST) dengan Perlakuan Naungan dan Dosis Pupuk Petroganik

Naungan	Dosis Pupuk Petroganik (g/tanaman)				Rataan
	0 g (P0)	406 g (P1)	506 g (P2)	606 g (P3)	
	cm ²				
N0 (Tanpa Naungan)	20.11	27.74	21.13	18.47	21.86
N1 (Naungan)	7.90	7.95	9.16	7.38	8.10
Rataan	14.01	17.84	15.15	12.93	

Tabel 3 menunjukkan pada umur MST 3 tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan pada naungan, dosis pupuk dan interaksi. Perlakuan naungan tidak menunjukkan perbedaan nyata pada luas daun. Hasil ini berbeda dari adaptasi umum di mana tanaman ternaungi biasanya memperluas daunnya untuk memaksimalkan penangkapan foton (Poorter et al., 2019). Tidak signifikannya hasil ini kemungkinan disebabkan oleh pertumbuhan total tanaman yang sudah terhambat oleh naungan, sehingga upaya adaptasi morfologis tersebut tidak cukup kuat untuk terlihat bermakna secara statistik.

Tabel 4. Luas daun tanaman sorgum umur 9 Minggu Setelah Tanam (MST) dengan Perlakuan Naungan dan Dosis Pupuk Petroganik

Naungan	Dosis Pupuk Petroganik (g/tanaman)				Rataan
	0 g (P0)	406 g (P1)	506 g (P2)	606 g (P3)	
	cm ²				
N0 (Tanpa Naungan)	246.99a	428.39bc	241.73a	463.23c	345.08
N1 (Naungan)	343.52abc	264.84a	317.65ab	279.71a	301.43
Rataan	295.25	346.62	279.69	371.47	
Keterangan :	Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama atau baris yang sama menunjukkan berbeda nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf $\alpha = 5\%$				

Tabel 4 menunjukkan bahwa pada umur 9 MST, tanpa naungan pemberian pupuk meningkatkan luas daun, akan tetapi pada sorghum yang dinaungi pemberian pupuk berakibat penurunan luas daun. Pengaruh interaksi yang nyata pada 9 MST menunjukkan bahwa efektivitas pemupukan sangat bergantung pada ketersediaan cahaya. Pada kondisi tanpa naungan, penambahan pupuk (terutama P1 dan P3) secara signifikan meningkatkan luas daun, dengan nilai tertinggi dicapai pada N0P3 (463.23 cm²). Ini menunjukkan bahwa ketika cahaya melimpah, nutrisi menjadi faktor pembatas, dan penambahan pupuk dapat dimanfaatkan secara optimal untuk pertumbuhan vegetatif. Sebaliknya, pada kondisi ternaungi, responsnya negatif. Luas daun tertinggi justru ditemukan pada perlakuan tanpa pupuk (N1P0) sebesar 343.52 cm², dan semua dosis pupuk tambahan justru menekan luas daun. Hal ini sejalan dengan penelitian Setiawan *et al.* (2022) pada sorgum, yang juga menemukan bahwa pemupukan hanya efektif meningkatkan luas daun pada kondisi tanpa naungan. Fenomena ini dapat dijelaskan oleh ketidakseimbangan alokasi sumber daya, seperti yang diungkapkan oleh Wang *et al.* (2020) pada kondisi cahaya terbatas (N1), kemampuan tanaman untuk menghasilkan karbon melalui fotosintesis menurun drastis. Penambahan nutrisi (pupuk) yang tidak dapat diimbangi dengan ketersediaan karbon yang cukup akan mengganggu metabolisme, sehingga justru menghambat pertumbuhan daun.

3.4. Uji klorofil

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan respons yang bervariasi. Pada Klorofil A, perlakuan dosis pupuk dan interaksinya berpengaruh nyata, namun naungan tidak. Pada Klorofil B, tidak ada pengaruh nyata dari semua perlakuan. Sedangkan pada Klorofil Total, hanya perlakuan dosis pupuk yang berpengaruh nyata.

Tabel 5. Uji klorofil a Tanaman Sorgum Dengan Perlakuan Naungan dan Dosis Pupuk Petroganik

Naungan	Dosis Pupuk Petroganik (g/tanaman)				Rataan
	0 g (P0)	406 g (P1)	506 g (P2)	606 g (P3)	
	nm.....				
N0 (Tanpa Naungan)	22.66c	21.35b	19.95a	21.50b	21.37
N1 (Naungan)	21.72bc	22.01bc	21.24b	22.76c	21.93
Rataan	22.19	21.68	20.60	22.13	
Keterangan :	Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama atau baris yang sama menunjukkan berbeda nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf $\alpha = 5\%$				

Pada Tabel 5, sorgum yang dinaungi dengan pemberian pupuk meningkatkan jumlah klorofil a, akan tetapi pada sorgum tanpa naungan pemberian pupuk mengakibatkan penurunan jumlah klorofil a. Interaksi yang signifikan antara naungan dan pemupukan hanya terdeteksi pada parameter klorofil A yang mengungkap adanya dua strategi respons yang berbeda. Pada kondisi ternaungi (N1), aplikasi pupuk memberikan efek positif, dengan dosis tertinggi (P3) menghasilkan klorofil A terbanyak. Hal ini mengindikasikan sebuah mekanisme kompensasi, di mana tanaman memanfaatkan nutrisi tambahan untuk mensintesis lebih banyak pigmen guna memaksimalkan penangkapan cahaya yang terbatas, sesuai dengan temuan Yuan *et al.* (2017). Sebaliknya, pada kondisi tanpa naungan (N0), penambahan pupuk justru cenderung menurunkan kandungan klorofil A. Ketika cahaya melimpah, tanaman diduga mengalihkan prioritas alokasi sumber dayanya dari sintesis pigmen ke pertumbuhan biomassa, sehingga suplai hara berlebih tanpa kebutuhan pigmentasi tinggi dapat menimbulkan stres ringan yang menekan produksi klorofil.

Tabel 6. Uji klorofil b Tanaman Sorgum Dengan Perlakuan Naungan dan Dosis Pupuk Petroganik

Naungan	Dosis Pupuk Petroganik (g/tanaman)				Rataan
	0 g (P0)	406 g (P1)	506 g (P2)	606 g (P3)	
	nm.....				
N0 (Tanpa Naungan)	23.07	23.90	15.00	29.12	22.77
N1 (Naungan)	28.06	31.24	24.31	30.32	28.48
Rataan	25.56	27.57	19.65	29.72	

Pada Tabel 6, sorgum yang ditanam naungan dan tanpa naungan tidak menghasilkan perbedaan signifikan pada klorofil b berdasarkan jumlah pupuk yang ditambahkan. Pada uji klorofil, perlakuan naungan memicu respons adaptif pada komposisi pigmen fotosintetik tanaman sorgum. Data pada Tabel 6 dan 7 secara konsisten menunjukkan bahwa kandungan klorofil B dan klorofil total secara signifikan lebih tinggi pada kondisi ternaungi (N1). Hal ini merupakan mekanisme adaptasi fisiologis yang umum, di mana tanaman meningkatkan konsentrasi pigmen aksesoris (klorofil B) untuk memperlebar spektrum serapan cahaya dan mengoptimalkan penangkapan foton pada kondisi cahaya terbatas (Putra *et al.*, 2022). Peningkatan klorofil B ini secara langsung berkontribusi pada peningkatan nilai klorofil total

Tabel 7. Uji klorofil Total Tanaman Sorgum Dengan Perlakuan Naungan dan Dosis Pupuk Petroganik

Naungan	Dosis Pupuk Petroganik (g/tanaman)				Rataan
	0 g (P0)	406 g (P1)	506 g (P2)	606 g (P3)	
	nm.....				
N0 (Tanpa Naungan)	45.76	45.27	34.37	50.61	44.00
N1 (Naungan)	49.78	53.24	45.57	53.09	50.42
Rataan	47.77ab	49.25b	39.97a	51.85b	

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama atau baris yang sama menunjukkan berbeda nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf $\alpha = 5\%$

Pada Tabel 7, perlakuan pupuk memberikan respon yang berbeda pada tiap dosis, dengan hasil tertinggi terdapat pada pemberian dosis 606 g. Aplikasi dosis pupuk menunjukkan pengaruh yang signifikan namun non-linear terhadap kandungan klorofil A dan klorofil total. Teramati adanya penurunan konsentrasi kedua pigmen tersebut pada dosis P2, namun mencapai level tertinggi pada dosis P3. Pola respons ini mengindikasikan kemungkinan terjadinya antagonisme hara pada dosis menengah, di mana suplai nutrisi tertentu dapat menghambat serapan mikronutrien lain seperti Fe atau Mg yang esensial sebagai kofaktor dalam biosintesis klorofil (Li *et al.*, 2019).

3.5. Volume akar

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan naungan, dosis pupuk, dan interaksi antara keduanya menunjukkan pengaruh yang berpengaruh nyata terhadap parameter volume akar.

Tabel 8. Volume Akar Tanaman Sorgum Dengan Perlakuan Naungan dan Dosis Pupuk Petroganik

Naungan	Dosis Pupuk Petroganik (g/tanaman)				Rataan
	0 g (P0)	406 g (P1)	506 g (P2)	606 g (P3)	
	ml.....				
N0 (Tanpa Naungan)	61.67bc	51.67abc	83.33c	130.00d	81.67
N1 (Naungan)	13.33a	18.33a	23.33ab	16.67a	17.92
Rataan	37.50	35.00	53.33	73.33	

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama atau baris yang sama menunjukkan berbeda nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf $\alpha = 5\%$

Tabel 8 menunjukkan bahwa sorgum yang ditanam tanpa naungan menghasilkan peningkatan volume akar tanaman berdasarkan jumlah pupuk yang ditambahkan, sorgum yang ditanam dengan naungan memberikan peningkatan yang berbeda menegaskan bahwa efektivitas pupuk sangat bergantung pada ketersediaan cahaya. Pada kondisi tanpa naungan, pupuk dosis tertinggi P3 mampu meningkatkan volume akar. Sebaliknya, pada kondisi ternaungi, penambahan pupuk tidak memberikan dampak berarti dan volume akar tetap rendah. Fenomena ini dapat dijelaskan melalui Hukum Minimum Liebig. Hal ini sejalan dengan Sardans and Peñuelas (2021) yang menyatakan bahwa pertumbuhan dibatasi oleh sumber daya yang paling langka (dalam kasus ini cahaya), sehingga sumber daya lain yang melimpah (hara dari pupuk) tidak dapat dimanfaatkan secara maksimal.

3.6. Bobot kering tajuk

Data dan hasil analisis sidik ragam parameter bobot kering tajuk pada sorgum dapat dilihat pada Lampiran 42 dan 43. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan naungan dan dosis pupuk berpengaruh nyata terhadap parameter bobot kering tajuk, sedangkan interaksi antara keduanya tidak berpengaruh nyata.

Tabel 9. Bobot Kering Tajuk Tanaman Sorgum Dengan Perlakuan Naungan dan Dosis Pupuk Petroganik

Naungan	Dosis Pupuk Petroganik (g/tanaman)				Rataan
	0 g (P0)	406 g (P1)	506 g (P2)	606 g (P3)	
	g.....				
N0 (Tanpa Naungan)	146.52	155.83	336.31	421.78	265.11b
N1 (Naungan)	99.64	115.71	141.23	113.65	117.56a
Rataan	123.08a	135.77a	238.77ab	267.72b	
Keterangan:	Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama atau baris yang sama menunjukkan berbeda nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf $\alpha = 5\%$				

Tabel 9 menunjukkan bahwa sorgum yang ditanam tanpa naungan menghasilkan peningkatan bobot kering tajuk tanaman dibandingkan yang ditanam dengan naungan, bobot juga mengalami peningkatan yang berbeda berdasarkan jumlah pupuk yang ditambahkan. Naungan terbukti berpengaruh nyata terhadap bobot kering tajuk. Tanaman yang tumbuh tanpa naungan menunjukkan akumulasi biomassa kering yang jauh lebih tinggi dibandingkan tanaman ternaungi. Perbedaan signifikan ini disebabkan oleh intensitas cahaya sebagai faktor fundamental produksi biomassa. Keterbatasan energi foton akibat naungan secara langsung menurunkan laju asimilasi CO₂, yang pada akhirnya mengurangi ketersediaan karbon untuk dikonversi menjadi komponen struktural tanaman seperti selulosa (Ningrum et al., 2022), dosis pupuk organik juga menunjukkan pengaruh nyata terhadap bobot kering tajuk, dengan tren peningkatan biomassa yang sangat jelas dari dosis kontrol hingga dosis P3. Hasil ini mengkonfirmasi bahwa unsur hara dari pupuk sangat esensial untuk pembentukan biomassa. Nutrisi seperti Nitrogen (N) merupakan komponen fundamental untuk sintesis protein dan enzim (termasuk RuBisCO), sementara Fosfor (P) krusial untuk metabolisme energi (ATP). Ketersediaan nutrisi ini secara langsung menunjang proses anabolisme yang menghasilkan akumulasi bahan kering (Taulany et al., 2019).

3.7. Bobot kering akar

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan naungan, dosis pupuk, dan interaksi antara keduanya menunjukkan pengaruh yang berpengaruh nyata terhadap parameter bobot kering akar.

Tabel 10. Bobot Kering Akar Tanaman Sorgum Dengan Perlakuan Naungan dan Dosis Pupuk Petroganik

Naungan	Dosis Pupuk Petroganik (g/tanaman)				Rataan
	0 g (P0)	406 g (P1)	506 g (P2)	606 g (P3)	
	g.....				
N0 (Tanpa Naungan)	13.78ab	11.55ab	33.15bc	51.93c	27.60
N1 (Naungan)	7.90a	9.72a	14.14ab	10.43a	10.55
Rataan	10.84	10.64	23.65	31.18	
Keterangan:	Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama atau baris yang sama menunjukkan berbeda nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf $\alpha = 5\%$				

Tabel 10 menunjukkan bahwa sorgum yang ditanam tanpa naungan menghasilkan peningkatan bobot kering akar tanaman berdasarkan jumlah pupuk yang ditambahkan, sorgum yang ditanam dengan naungan juga mengalami peningkatan yang berbeda berdasarkan jumlah pupuk yang ditambahkan. Adanya interaksi yang nyata antara naungan dan pemupukan terhadap bobot kering akar. Pada kondisi tanpa naungan, tanaman merespons pemupukan secara kuat, dengan bobot kering akar melonjak dari P0 ke P3. Sebaliknya, pada kondisi ternaungi, responsnya sangat terbatas dan non-linear, dengan bobot hanya meningkat sedikit hingga P2 sebelum menurun pada dosis P3. Pola respons yang kontras ini menggambarkan bahwa cahaya adalah faktor pembatas yang lebih dominan daripada nutrisi. Tanpa energi yang cukup, penambahan pupuk menjadi tidak efektif. Hal ini sejalan dengan Bai *et al.* (2019) yang menjelaskan bahwa kelebihan hara yang tidak dapat dimetabolisme dapat mengganggu keseimbangan fisiologis di zona perakaran. Fenomena inilah yang diduga menyebabkan penurunan akumulasi biomassa akar pada dosis pupuk tertinggi di bawah naungan.

4. Kesimpulan

- Sorgum dengan perlakuan tanpa naungan menghasilkan peningkatan vegetatif pada beberapa parameter: volume akar, bobot kering tajuk, bobot kering akar. Perlakuan naungan dan tanpa naungan tidak mempengaruhi parameter tinggi tanaman, diameter batang, luas daun dan uji klorofil (a, b dan total).
- Sorgum dengan perlakuan pemberian dosis pupuk tertinggi pada 606 gram/tanaman meningkatkan pertumbuhan vegetatif pada parameter: uji klorofil a, uji klorofil total, volume akar, bobot kering tajuk, bobot kering akar. Perlakuan pemberian pupuk tidak mempengaruhi parameter tinggi tanaman, diameter batang, luas daun dan uji klorofil b.
- Interaksi antar kedua perlakuan meningkatkan pertumbuhan vegetatif pada parameter diameter batang, uji klorofil a, luas daun MST 9, volume akar, bobot kering tajuk, bobot kering akar. Interaksi antar kedua perlakuan tidak mempengaruhi parameter tinggi tanaman, luas daun MST 9 dan uji klorofil b dan total. Peningkatan terbaik terdapat pada interaksi antara tanaman tanpa naungan dan dosis pupuk 606 gram/tanaman.

Referensi

- [1] Ariningsih, E., H. P. Saliem, A. Nurhasanah, E. Gunawan, A. Agustian, and Saptana. (2023) "Challenges and alternative solutions in developing sorghum to support food diversification in Indonesia." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1153: 012032.
- [2] Barus, J., D. R. Mustikawati, R. W. Arief, S. S. Girsang, and N. P. S. Ratmini. (2023) "Impact of shading and application of organic fertilizer on sorghum growth and production." *EasyChair Proceedings*.
- [3] Badan Pusat Statistik (BPS). (2020) *Statistik Indonesia 2019–2020*. Badan Pusat Statistik, Jakarta.
- [4] Chadalavada, P., J. Kumari, and R. Kumar. (2021) "Sorghum has the potential to be developed due to its high adaptability to climate change and marginal land." *Agraris*, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- [5] Li, T., L.-N. Liu, C.-D. Jiang, Y.-J. Liu, and L. Shi. (2014) "Effects of mutual shading on the regulation of photosynthesis in field-grown sorghum." *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* 137: 31–38.
- [6] Li, Y., N. He, J. Hou, L. Xu, C. Liu, J. Zhang, Q. Wang, X. Zhang, and X. Wu. (2019) "Factors influencing leaf chlorophyll content in temperate and subtropical forests of China." *Scientific Reports* 9 (1): 1–10.
- [7] Nasution, O. F., T. Irmansyah, and E. S. Bayu. (2017) "Pemberian kompos tandan kosong kelapa sawit dan pupuk fosfat pada pertanaman sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) di gawangan karet." *Jurnal Agroekoteknologi FP USU* 5 (1): 47–54.
- [8] Nie, M., G. Yue, L. Wang, and Y. Zhang. (2024) "Short-term organic fertilizer substitution increases sorghum yield by improving soil physicochemical characteristics and regulating microbial community structure." *Frontiers in Plant Science* 15.
- [9] Poorter, H., Ü. Niinemets, N. Ntagkas, A. Siebenkäs, G. T. Freschet, and D. Vile. (2019) "A meta-analysis of plant responses to light intensity for 70 traits." *New Phytologist* 223 (3): 1073–1105.
- [10] Putra, H. F., J. Supriatna, and Yasman. (2022) "Leaf anatomical and physiological responses of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) seedlings to different light intensities." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1027 (1): 012023.
- [11] Sardans, J., and J. Peñuelas. (2021) "Liebig's law of the minimum: An old and powerful selective pressure in ecology." *Global Ecology and Biogeography* 30 (6): 1158–1165.
- [12] Setiawan, A., E. D. Purbajanti, and S. E. Widayati. (2022) "Respon pertumbuhan dan hasil sorgum (*Sorghum bicolor* L.) varietas Numbu terhadap perbedaan tingkat naungan dan dosis pupuk NPK." *Jurnal Agroekoteknologi Tropika* 11 (1): 1–11.
- [13] Siregar, A. F., S. Panggabean, and J. Ginting. (2019) "Pengaruh pemberian pupuk organik cair dan padat terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman sawi (*Brassica juncea* L.)." *Jurnal Agroekoteknologi* 7 (2): 245–252.
- [14] Wangiyana, W., E. Widiastuti, and B. T. R. Erawati. (2022) "Yield of sorghum intercropped with peanut at different planting dates and its relationship with sorghum leaf characteristics." *Russian Journal of Agricultural and Biological Science* 7 (127): 137.
- [15] Wicaksana, N., P. Sasmita, and W. Lestari. (2021) "Respon pertumbuhan dan hasil tiga varietas sorgum (*Sorghum bicolor* L.) terhadap tingkat naungan." *Jurnal Agrotek Tropika* 9 (2): 251–259.
- [16] Yuan, Z., Y. Li, and S. Zhang. (2017) "Effect of shade on leaf chlorophyll, nutrient concentrations, and photosynthetic characteristics of coffee (*Coffea arabica* L.)." *Photosynthetica* 55 (2): 351–356.

- [17] Ningrum, A. W., K. K. Pukan, and Supramono. (2022) "Pertumbuhan dan produksi tanaman sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) pada berbagai tingkat naungan." *Jurnal Agrotek Tropika* 10 (2): 241–248.
- [18] Taulany, H. D., E. D. Purbajanti, and S. Anwar. (2019) "Pengaruh dosis pupuk organik dan anorganik terhadap pertumbuhan dan kandungan nutrisi rumput pakchong (*Pennisetum purpureum* cv. Pakchong)." *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian* 23 (1): 1–8.