

Content of Dry Matter, Organic Matter, and Ash Wheat forage (*Triticum Spp.*) Fodder of Hydroponic at age different Defoliation Times

Arya Eka Putra¹ & Sri Sukaryani^{1*}

¹Program Studi Peternakan Fakultas Pertanian, Universitas Veteran Bangun Nusantara, Jombor, Kec. Bendosari, Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah 57521 Indonesia;

Article History

Received : July 01th, 2025

Revised : July 05th, 2025

Accepted : July 09th, 2025

*Corresponding Author: **Sri Sukaryani**, Program Studi Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Veteran Bangun Nusantara Sukoharjo, Indonesia;
Email: srisukaryani@gmail.com

Abstract: The increasing need for green fodder as animal feed continues to increase, especially in the face of limited land and weather changes, this encourages farmers to continue to innovate in an effort to meet the need for green fodder for livestock. Wheat (*Triticum spp.*) is a potential plant for green fodder because it grows quickly and has high nutritional content. The hydroponic fodder system is one method of plant cultivation that uses water rich in nutrients as a substitute for soil. The purpose of this study was to determine the effect of different defoliation ages on hydroponic wheat fodder green fodder production and nutrient content (dry matter, organic matter, and ash). The design used in the study was a Completely Randomized Design with 3 treatments, each treatment repeated 4 times. The treatments were P1: defoliation at 6 days; P2: defoliation at 8 days and P3: defoliation at 10 days. The variables observed included fresh weight, dry matter content, organic matter, and ash content of hydroponic wheat fodder green fodder. The results of the study showed that the highest fresh weight was achieved in P3 (118.75 ± 3.8 grams), then P2 (104.50 ± 6.1 grams) and P1 (77.50 ± 5 grams). The highest dry matter content was achieved in treatment P1 (33.84 ± 4.99 grams), followed by P2 (27.16 ± 2.9 grams) and the lowest in treatment P3 (23.33 ± 0.7 grams). The lowest ash content was in P1 (1.76 ± 0.39 grams) while the highest organic matter content was in treatment P1 (98.24 ± 0.39 grams). This research can be concluded that the difference in defoliation age between 6 - 10 days has a significant effect on the production and content of dry matter, organic matter and ash of hydroponic fodder.

Keywords: Defoliation, fodder, hydroponic, wheat.

Pendahuluan

Peningkatan kebutuhan hijauan sebagai pakan ternak terus meningkat, terutama dalam menghadapi keterbatasan lahan dan perubahan cuaca hal ini mendorong peternak untuk terus berinovasi dalam upaya memenuhi kebutuhan hijauan bagi ternak. Oleh sebab itu perlu dilakukan terobosan dengan memanfaatkan tanaman alternatif yang tidak hanya mudah dibudidayakan, tetapi juga mampu menyediakan nutrisi yang optimal bagi ternak. Banyak sumber hijauan dari biji-bijian yang belum banyak mendapat perhatian, salah satunya adalah hijauan dari biji gandum. Gandum (*Triticum spp.*) merupakan tanaman yang potensial untuk hijauan pakan karena pertumbuhannya cepat dan

kandungannya nutrisinya tinggi. Berdasarkan penelitian sebelumnya dinyatakan bahwa gandum memiliki kandungan protein kasar antara 12-18%, serat kasar 8-10%, dan lemak 1,8%-2,5% (Khalid et al., 2023).

Kandungan vitamin dan mineral yang ada pada gandum seperti vitamin A, vitamin E, kalsium, dan fosfor, juga penting dalam mendukung kesehatan dan produktivitas ternak (Iqbal et al., 2022). Gandum juga memiliki kandungan energi metabolik yang baik, sehingga dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap kebutuhan energi ternak yang dikonsumsi dalam jumlah besar (Khalil et al., 2021). Produksi biomassa dapat ditingkatkan dengan cara menerapkan sistem penanaman yang modern

salah satunya adalah sistem hidroponik.

Sistem hidroponik merupakan salah satu metode budidaya tanaman yang menggunakan air yang kaya akan nutrisi sebagai pengganti tanah (Son et al., 2020). Sistem ini mengandalkan larutan air yang mengandung nutrisi penting untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Sistem hidroponik memungkinkan pakan ternak dibudidayakan di lahan yang terbatas (Pomoni et al., 2023). Sistem hidroponik dapat diterapkan dalam ruangan atau bahkan di atap bangunan (Brousseau et al., 2024). Hal tersebut dapat mengurangi ketergantungan terhadap lahan pertanian konvensional yang luas. Pada sistem hidroponik, akar tanaman langsung terendam dalam larutan nutrisi, sehingga tanaman dapat tumbuh tanpa bergantung pada media tanah konvensional.

Sistem hidroponik merupakan salah satu metode budidaya pakan hijau yang mendukung kebutuhan pakan ternak ruminansia karena dapat meningkatkan produktivitas hijauan (Li et al., 2024). Teknik ini meningkatkan efisiensi dalam penanaman hijauan karena hanya menggunakan air yang diberi nutrisi dan minim penggunaan lahan serta waktu masa panen yang lebih cepat. Tanaman pakan hijau hidroponik dapat dipanen dalam waktu singkat antara 7-10 hari (Sriagtula et al., 2021). Pakan yang diproduksi melalui sistem hidroponik menghasilkan hijauan yang lebih bersih, bebas dari pestisida dan kontaminan tanah. Hal ini membuat pakan hijau hidroponik sangat baik untuk mendukung kesehatan ternak ruminansia. Selain itu keuntungan utama sistem hidroponik adalah kemampuannya untuk menghasilkan pakan sepanjang tahun, terlepas dari musim atau kondisi cuaca (Rapisarda et al., 2022; Bouadila et al., 2022).

Hingga saat ini pemanfaatan gandum (*Triticum spp.*) sebagai pakan ternak melalui sistem hidroponik masih terbatas, terutama dalam konteks daerah tropis seperti Indonesia. Selain itu, belum banyak penelitian yang membandingkan produktivitas hijauan gandum berdasarkan umur panen yang berbeda. Ketepatan umur panen sangat menentukan efisiensi produksi dan kualitas nutrisi hijauan (Chand et al., 2022). Tanaman yang dibudidayakan menggunakan sistem hidroponik menghasilkan biomassa yang lebih besar dan lebih cepat dibandingkan dengan metode tradisional (Atherton et al., 2023; Wang et al.,

2022).

Penentuan waktu panen yang tepat penting untuk pengefisienan biaya dan waktu pemeliharaan, sehingga perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui umur panen terbaik gandum hidroponik fodder dengan mengamati pertumbuhan dan menganalisis bobot panen, bahan kering, kandungan abu, dan bahan organik. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh umur panen terhadap produktivitas fodder gandum yang ditanam secara hidroponik. Penelitian diharapkan dapat memberikan wawasan mendalam tentang sistem hidroponik dan dapat meningkatkan ketersediaan hijauan pakan dalam waktu yang lebih singkat serta memungkinkan peternak untuk mengatur produksi pakan dengan lebih efisien.

Bahan dan Metode

Sistem Hydroponic Fodder

Hydroponic Fodder adalah metode menanam tanaman tanpa menggunakan tanah, menggunakan media air dalam lingkungan yang terkendali (Elmulthum et al., 2023). Sistem ini menggunakan biji-bijian yang ditempatkan dalam rak atau nampan khusus, dan akan tumbuh menjadi hijau segar dalam jangka waktu yang telah ditentukan. Pertumbuhan yang bersih, pencahayaan yang cukup, pengaturan suhu, dan kelembaban yang optimal merupakan bagian dari proses yang berkelanjutan. Karena tidak ada bahan kimia maupun pestisida yang digunakan dalam sistem ini, hasilnya lebih aman dan ramah lingkungan bagi ternak.

Alat dan Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji gandum (*Triticum spp.*) dengan berat awal 50 gram untuk setiap satuan percobaan. Biji gandum ditanam pada nampan plastik berukuran 30 cm × 20 cm × 5 cm tanpa menggunakan media tanam tambahan seperti tanah atau kapas. Air sumur digunakan sebagai media penyemprotan selama masa pertumbuhan tanaman. Peralatan pendukung yang digunakan meliputi sprayer tangan untuk penyiraman, timbangan digital untuk penimbangan berat segar dan kering, detektor suhu dan kelembaban, oven pengering untuk analisis berat kering, serta tanur untuk pengabuan.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola searah dengan perlakuan perbedaan waktu defoliiasi gandum *hydroponic fodder*, dengan 3 perlakuan dengan perbedaan waktu panen P1 pada waktu defoliiasi 6 hari, P2 pada waktu defoliiasi 8 hari, dan P3 pada waktu defoliiasi 10 hari. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 4 kali sehingga terdapat 12 unit percobaan.

Prosedur Penelitian

Biji gandum direndam dalam air bersih selama 24 jam untuk merangsang proses awal perkecambahan, kemudian ditiriskan dan di tempatkan pada nampan. Benih yang sudah di tempatkan pada nampan di tutup dengan plastik untuk membantu mempercepat proses perkecambahan. Setelah berkecambah plastik penutup di buka agar tunas mendapatkan sinar matahari. Nampan diletakkan di tempat teduh dengan pencahayaan alami, terlindung dari sinar matahari langsung dan air hujan. Penyemprotan dilakukan sebanyak dua kali sehari, yaitu pagi dan sore hari, menggunakan sprayer hingga permukaan tanaman basah merata, namun tidak tergenang. Semua unit percobaan mendapatkan perlakuan yang sama dalam peletakan dan penyemprotan. Fodder tidak diberikan tambahan pupuk selama masa pertumbuhan. Pemanenan dilakukan sesuai dengan masing-masing perlakuan.

Parameter yang Diamati

Parameter yang diamati dalam penelitian ini meliputi:

Berat Segar

Berat segar fodder dalam satuan gram di ukur dengan menimbang hasil panen menggunakan timbangan analitik dengan ketelitian 0.01g.

Kandungan Bahan Kering:

Pengukuran berat kering dalam satuan gram dilakukan setelah pengeringan dengan oven pada suhu 105°C selama 24 jam lalu ditimbang menggunakan timbangan analitik dengan ketelitian 0.01g, lalu di hitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Kadar Bahan Kering (\%)} = \left(\frac{\text{Berat Sampel Kering}}{\text{Berat Sampel Awal}} \right) \times 100\%$$

Keterangan:

Berat Sampel Awal :Berat bahan segar

Berat Sampel Kering :Berat bahan setelah dikeringkan (biasanya dalam oven suhu 105°C selama ±24 jam)

Kandungan Kadar Air:

Pengukuran kadungan kadar air dilakukan dengan menghitung selisih antara berat segar dengan bahan kering dengan rumus berikut:

$$\text{Kadar Air (\%)} = 100\% - \text{BK (\%)}$$

Rumus Kandungan Abu

Pengukuran kandungan abu dilakukan dengan menggunakan tanur pada suhu 550°C selama 3 jam dengan mengambil 1g sampel pada setiap unit percobaan lalu di tumbang residu abu yang tersisa menggunakan timbangan analitik dengan ketelitian 0.001g, lalu dihitng menggunakan rumus berikut:

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \left(\frac{\text{Berat Cawan + Abu} - \text{Berat Cawan Kosong}}{\text{Berat Sampel}} \right) \times 100\%$$

Keterangan:

Berat Cawan + Abu :Berat cawan setelah pembakaran (berisi abu)

Berat Cawan Kosong :Berat cawan sebelum pembakaran

Berat Sampel :Berat bahan kering yang dianalisis sebelum dibakar

Bahan Organik

Bahan organik di ukur menggunakan bobot residu sampel setelah dilakukan pembakaran dan dihitng menggunakan rumus berikut:

$$\text{BO (\%)} = \left(\frac{\text{Berat Sampel Kering} - \text{Berat Abu}}{\text{Berat Sampel Kering}} \right) \times 100\%$$

Keterangan :

Berat Sampel Kering :Berat sampel setelah dikeringkan dengan oven pada suhu 105 °C selama 24 jam.

Berat Abu :Berat residu setelah pembakaran menggunakan tanur pada suhu 550°C selama 3 jam.

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis secara statistik menggunakan analisis varians

(ANOVA) pada SPSS. Jika analisis menunjukkan adanya perbedaan diantara perlakuan, maka dilakukan pengujian lebih lanjut menggunakan Uji Duncan's Multiple Range Test (DMRT) pada taraf signifikansi 5% untuk mengetahui perbedaan antara kedua perlakuan seperti yang dilakukan (Azzamuddin & Wiraguna, 2025).

Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap perlakuan memberikan respons yang ber beda terhadap variabel yang diamati. Data hasil penelitian secara lengkap tersaji pada tabel 1.

Tabel 1. Data Rerata Perlakuan yang Didapat Selama Penelitian

Parameter	Rerataan Perlakuan		
	P1	P2	P3
Bobot Segar (g)	77.50±5 ^a	104.50±6.1 ^b	118.75±3.8 ^c
Bahan Kering (%)	33.84±4.99 ^b	27.16±2.9 ^a	23.33±0.7 ^a
Kadar Air (%)	66.15±4.99 ^b	72.83±2.9 ^a	76.66±0.7 ^a
Kandungan Abu (%)	1.76±0.39 ^a	2.30±0.05 ^b	2.25±0.33 ^b
Bahan Organik (%)	98.24±0.39 ^b	97.69±0.05 ^a	97.75±0.33 ^a

^{abc} = pada baris yang sama menunjukkan beda nyata ($P \leq 0.05$)

Bobot Segar Gandum *Hydroponic Fodder*

Berdasarkan hasil penelitian, terjadi peningkatan kecepatan bobot yang nyata dengan waktu defoliiasi yang lebih singkat. Perlakuan P1 menghasilkan bobot segar sebesar 77,50±5g, meningkat signifikan menjadi 104,50±6,1g pada P2 dan mencapai titik tertinggi pada P3 sebesar 118,75±3,8g. Perbedaan superskrip antar perlakuan menunjukkan hasil yang berbeda secara statistik ($P < 0,05$), yang menunjukkan bahwa waktu defoliiasi memiliki dampak yang signifikan terhadap bobot segar gandum *hydroponic fodder*.

Peningkatan bobot segar ini disebabkan oleh proses pertumbuhan biomassa tanaman, termasuk peningkatan aktivitas fotosintesis, sirkulasi udara, dan amplifikasi biomassa. Seiring berjalannya waktu, semakin banyak jaringan vegetatif, seperti daun dan batang yang berkontribusi terhadap peningkatan massa tanaman segar (Ouyang *et al.*, 2023). Penelitian serupa yang dilakukan oleh (Kurniawan *et al.*, 2024) pada jagung *hydroponic fodder* juga menunjukkan peningkatan bobot segar pada waktu defoliiasi berbeda yang di sebabkan oleh bertambahnya tinggi tanaman dan pelebaran daun. Penelitian serupa juga dilakukan oleh (Gumus & Edyta, 2025) pada barley *hydroponic fodder*, waktu pertumbuhan yang lebih lama memberikan lebih banyak waktu untuk tanaman melakukan fotosintesis dan menghasilkan lebih banyak karbohidrat.

Kandungan Bahan Kering dan Kadar Air Gandum *Hydroponic Fodder*

Hasil analisis menunjukkan bahwa kandungan bahan kering (BK) tertinggi terdapat pada produksi P1, P2, dan P3, sedangkan pada kadungan kadar air (KA) berlawanan dengan kandungan bahan kering dimana produksi tertinggi terdapat pada produksi P3, P2, dan P1. Berdasarkan analisis statistik, P1 berbeda nyata terhadap P2 dan P3 ($P < 0,05$), sedangkan P2 dan P3 tidak berbeda nyata. Hal ini menunjukkan bahwa umur defoliiasi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap komposisi bahan kering pada hijauan gandum. Kandungan BK yang paling tinggi terdapat pada umur defoliiasi lebih muda (P1), hal ini dapat dikaitkan dengan komposisi struktur dan udara yang kurang ideal, sehingga kandungan bahan kering lebih dominan. Tanaman pada tahap awal perkembangan memiliki aktivitas metabolisme yang tinggi, seperti sintesis protein dan karbohidrat, yang secara alami meningkatkan kandungan BK. Sebaliknya, kandungan air dan lignifikasi yang lebih tinggi menghasilkan BK yang lebih rendah pada umur defoliiasi yang lebih tua (P3), yang menurunkan rasio material ke tingkat yang jauh lebih rendah.

Penelitian ini memiliki nilai aplikatif yang tinggi, terutama dalam pengembangan pakan hijau bergizi untuk pakan ternak secara efisien dan berkelanjutan. Kandungan BK yang tinggi pada awal defliasi (P1) berimplikasi positif

terhadap proses pengeringan, penyimpanan, dan formulasi pakan, karena pakan dengan BK tinggi lebih stabil dan mudah diolah. Selain itu, pakan hijau hidroponik terbukti adaptif pada sistem pertanian vertikal dan lahan sempit, sehingga sangat potensial diaplikasikan pada skala rumah tangga maupun peternakan intensif di daerah dengan keterbatasan lahan dan air (Sousa *et al.*, 2024). Menurut (Hassen & Abdula, 2022) pakan hijau hidroponik dengan BK dan kandungan nutrisi yang baik dapat meningkatkan konsumsi dan pencernaan pakan pada ternak ruminansia, serta meningkatkan efisiensi produksi susu dan daging. Oleh karena itu, hasil penelitian ini dapat menjadi pedoman waktu panen yang optimal bagi peternak dalam menghasilkan pakan hijau gandum yang berkualitas, yang dapat diaplikasikan secara luas sebagai alternatif pakan hijau sepanjang tahun.

Kandungan Total Mineral Gandum Hydroponic Fodder

Menentukan kandungan mineral secara keseluruhan pada bahan pakan, kandungan abu merupakan representasi dari total mineral pada bahan. Abu merupakan residu yang tersisa setelah proses pemanasan bahan sampel, oleh karena itu dapat digunakan untuk menentukan secara cepat jumlah total mineral yang terdapat pada suatu bahan tertentu (Febriani *et al.*, 2025). Hasil analisis kandungan abu pada penelitian ini menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan pada waktu defoliiasi. Kandungan abu terendah untuk perlakuan P1 sebesar $1,76 \pm 0,39\%$, sedangkan kandungan abu meningkat untuk perlakuan P2 menjadi $2,30 \pm 0,05\%$ dan P3 menjadi $2,25 \pm 0,33\%$.

Peningkatan kandungan abu pada umur panen yang lebih tua mengindikasikan adanya mineral yang terserap sering dengan pertumbuhan tanaman. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian (Moore *et al.*, 2020) yang menyatakan bahwa pertumbuhan tanaman disebabkan oleh peningkatan penyerapan mineral dari media tumbuh, terutama mineral seperti magnesium, kalsium, fosfor, dan kalium, yang kemudian diserap ke dalam jaringan tanaman. Umur panen yang terlalu lama dapat menyebabkan tanaman kempis, akumulasi mineral tinggi, dan kandungan abu meningkat.

Perlakuan P2 dan P3 menunjukan adanya perbedaan yang tidak nyata ($P>0,05$) dari P1. Hal

ini menunjukkan bahwa akumulasi mineral dapat menurun setelah hari ke delapan, mungkin sebagai akibat dari tanaman mencapai fase fisik tertentu yang menghambat distribusi atau penyerapan mineral. Secara praktis, peningkatan kandungan abu pada usia panen ini dapat menjadi indikator penting untuk menentukan waktu panen hijauan untuk kebutuhan mineral ternak. Ketersediaan mineral sangat penting untuk mendukung sistem kekebalan tubuh, metabolisme, dan pertumbuhan tulang ternak (Palomares, 2022; Khan *et al.*, 2024). Untuk memenuhi kebutuhan mineral pada ternak, umur panen pada 8 hari sampai 10 hari dapat menjadi pilihan yang terbaik.

Kandungan Bahan Organik Gandum Hydroponic Fodder

Hasil penelitian ini menunjukan bahwa umur defoliiasi tidak berpengaruh nyata ($P>0,05$) terhadap kandungan bahan organik. Perlakuan P1 memiliki kandungan bahan organik lebih tinggi dibandingkan dengan P2 dan P3. Bahan organik yang tinggi pada P1 mengindikasikan bahwa pada usia muda senyawa organik yang terkandung pada tanaman sangat dominan, terutama senyawa metabolit primer seperti gula dan protein.

Peningkatan kandungan abu bertepatan dengan penurunan kandungan bahan organik pada tanaman yang lebih tua umur panennya, hal ini mengindikasikan bahwa penambahan mineral pada tanaman meningkat seiring bertambahnya umur. Hal ini sejalan dengan temuan (Heraini *et al.*, 2022), yang menyatakan bahwa selama perkembangan tanaman tidak hanya mengalami peningkatan biomassa organik tetapi juga peningkatan unsur anorganik dari media tumbuh, sehingga nilai relatif bahan organik meningkat. Sekalipun terjadi sedikit perubahan angka kandungan bahan organik dari P1 ke P2 dan P3, perubahan tersebut dapat berdampak pada nilai pencernaan dan energi metabolik hijauan tersebut. kandungan bahan organik dapat dijadikan sebagai indikator pasif kandungan energi pada pakan ternak (Luminata *et al.*, 2024).

Pemilihan waktu panen dapat di tentukan berdasarkan kebutuhan ternak yang di pelihara. Umur panen yang lebih muda dapat menguntungkan dalam hal pemanfaatan energi dari hijauan, terutama untuk ternak muda atau produksi tinggi yang memerlukan kondisi energi

optimal, sedangkan umur panen yang lebih tua dapat di tujukan untuk ternak yang membutuhkan asupan mineral yang tinggi contohnya ternak yang sedang bunting. Pemanenan pakan ternak gandum HF dapat menjadi alternatif strategis untuk memperoleh hijauan dengan kualitas nutrisi yang dapat di sesuaikan dengan fokus setiap peternak.

Kesimpulan

Penelitian ini dapat disimpulkan bahwa perbedaan umur defoliiasi antara 6–10 hari berpengaruh nyata terhadap produksi segar, kandungan bahan kering, bahan organik, dan abu hijauan gandum *hydroponic fodder*. Umur defoliiasi yang lebih panjang cenderung meningkatkan akumulasi biomassa, sehingga menghasilkan produksi segar dan kandungan nutrisi yang lebih tinggi. Kandungan abu juga mengalami peningkatan seiring bertambahnya umur panen, yang menunjukkan terjadinya proses fisiologis dan akumulasi senyawa penyusun tanaman. Temuan ini menunjukkan bahwa pemilihan umur defoliiasi yang tepat sangat penting untuk memaksimalkan kualitas dan kuantitas hijauan gandum sebagai pakan ternak alternatif.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih yang pertama penulis sampaikan kepada kedua orang tua, dosen pembimbing dan teman-teman seperjuangan.

Referensi

Azzamuddin, M. W., & Wiraguna, E. (2025). Optimasi Konsentrasi Pupuk Daun Untuk Pertumbuhan dan Pengendalian Penyakit *Curvularia* Pada Bibit Kelapa Sawit. *Botani: Publikasi Ilmu Tanaman Dan Agribisnis*, 2(2), 24–32. <https://doi.org/10.62951/botani.v2i2.304>

Bouadila, S., Baddadi, S., Skouri, S., & Ayed, R. (2022). Assessing heating and cooling needs of hydroponic sheltered system in mediterranean climate: A case study sustainable fodder production. *Energy*, 261, 125274. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.125274>

Brousseau, V. D., Goldstein, B. P., Leroux, D., Giguère, T., MacPherson, S., & Lefsrud, M. (2024). Estimating the global warming potential of animal waste-based organic liquid fertilizer for urban hydroponic farms. *Journal of Cleaner Production*, 472, 143434. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.143434>

Chand, S., Indu, Singhal, R. K., & Govindasamy, P. (2022). Agronomical and breeding approaches to improve the nutritional status of forage crops for better livestock productivity. *Grass and Forage Science*, 77(1), 11–32. <https://doi.org/10.1111/gfs.12557>

Elmulthum, N. A., Zeineldin, F. I., Al-Khateeb, S. A., Al-Barrak, K. M., Mohammed, T. A., Sattar, M. N., & Mohmand, A. S. (2023). Water Use Efficiency and Economic Evaluation of the Hydroponic versus Conventional Cultivation Systems for Green Fodder Production in Saudi Arabia. *Sustainability*, 15(1), 822. <https://doi.org/10.3390/su15010822>

Gumus, H., & Edyta, K.-V. (2025). Effect of different seed density planting on biomass production and barley fodder quality grown in hydroponic systems. *Agronomy Science*, 79(3), 65–72. <https://doi.org/10.24326/as.2024.5400>

Hassen, A., & Abdula, A. H. (2022). Contribution of Hydroponic Feed for Livestock Production and Productivity. *Science Frontiers*, 3(1), 1–7. <https://doi.org/10.11648/j.sf.20220301.11>

Heraini, D., Rohayeti, Y., Setiawan, D., & Patmawati, S. (2022). Pertumbuhan Dan Produktivitas Rumput Gajah Odot (*Pennisetum Purpureum* Cv. Mott) Yang Diberi Pupuk Kotoran Puyuh. *Agrinimal Jurnal Ilmu Ternak Dan Tanaman*, 10(2), 59–64. <https://doi.org/10.30598/ajitt.2022.10.2.59-64>

Iqbal, M. J., Shams, N., & Fatima, K. (2022). Nutritional Quality of Wheat. In *Wheat. IntechOpen*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.104659>

Khalid, A., Hameed, A., & Tahir, M. F. (2023). Wheat quality: A review on chemical

- p composition, nutritional attributes, grain anatomy, types, classification, and function of seed storage proteins in bread making quality.
- Frontiers in Nutrition*
- , 10.
- <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1053196>
- Khalil, M. M., Abdollahi, M. R., Zaefarian, F., Chrystal, P. V., & Ravindran, V. (2021). Apparent metabolizable energy of cereal grains for broiler chickens is influenced by age. *Poultry Science*, 100(9), 101288. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101288>
- Khan, M. Z., Huang, B., Kou, X., Chen, Y., Liang, H., Ullah, Q., Khan, I. M., Khan, A., Chai, W., & Wang, C. (2024). Enhancing bovine immune, antioxidant and anti-inflammatory responses with vitamins, rumen-protected amino acids, and trace minerals to prevent periparturient mastitis. *Frontiers in Immunology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1290044>
- Kurniawan, W., Napirah, A., Isnaeni, P. D., & Bain, A. (2024). Nutrient qualities hydroponic corn green fodder (HCGF) of yellow-maize on different harvest time. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1341(1), 012062. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1341/1/012062>
- Li, Y., Peng, R., Kunz, C., Wang, K., Terranova, M., Zhang, Y., Macsai, M., Frossard, E., & Niu, M. (2024). Hydroponic fodders as alternative feeds for ruminants to reduce ruminal methane emissions: An in vitro study. *Journal of Dairy Science*, 107(12), 10932–10944. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-25274>
- Luminata, F., Hilakore, M. A., Lazarus, E. J. L., & Lawa, E. D. W. (2024). Efek penggunaan mikroorganisme lokal dalam amofer rumput kume terhadap kandungan bahan kering, bahan organik dan kecernaanya secara in vitro. *Animal Agricultura*, 2(2), 565–574. <https://doi.org/10.59891/animacultura.v2i2.48>
- Moore, K. J., Lenssen, A. W., & Fales, S. L. (2020). Factors Affecting Forage Quality. In *Forages* (pp. 701–717). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119436669.ch39>
- Ouyang, X., Ma, J., Liu, Y., Li, P., Wei, R., Chen, Q., Weng, L., Chen, Y., & Li, Y. (2023). Foliar cadmium uptake, transfer, and redistribution in Chili: A comparison of foliar and root uptake, metabolomic, and contribution. *Journal of Hazardous Materials*, 453, 131421. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.131421>
- Palomares, R. A. (2022). Trace Minerals Supplementation with Great Impact on Beef Cattle Immunity and Health. *Animals*, 12(20), 2839. <https://doi.org/10.3390/ani12202839>
- Pomoni, D. I., Koukou, M. K., Vrachopoulos, M. G., & Vasiliadis, L. (2023). A Review of Hydroponics and Conventional Agriculture Based on Energy and Water Consumption, Environmental Impact, and Land Use. *Energies*, 16(4), 1690. <https://doi.org/10.3390/en16041690>
- Rapisarda, R., Nocera, F., Costanzo, V., Sciuto, G., & Caponetto, R. (2022). Hydroponic Green Roof Systems as an Alternative to Traditional Pond and Green Roofs: A Literature Review. *Energies*, 15(6), 2190. <https://doi.org/10.3390/en15062190>
- Son, J. E., Kim, H. J., & Ahn, T. I. (2020). Hydroponic systems. In *Plant Factory* (pp. 273–283). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816691-8.00020-0>
- Sousa, R. de, Bragança, L., da Silva, M. V., & Oliveira, R. S. (2024). Challenges and Solutions for Sustainable Food Systems: The Potential of Home Hydroponics. *Sustainability*, 16(2), 817. <https://doi.org/10.3390/su16020817>
- Sriagtula, R., Martaguri, I., Sowmen, S., & Zurmiati. (2021). Evaluation of nutrient solution dose and harvest time on forage sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) in hydroponic fodder system. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 888(1), 012068. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/888/1/012068>