



Daya Kapilaritas Berbagai Jenis Sumbu pada Sistem Wick

Filia Nur Rachman¹

¹Institut Agama Islam Darul Amal Lampung

*Corresponding author: filia246@gmail.com

Article History:

Received: November 01, 2025

Revised: November 10, 2025

Accepted: November 20, 2025

Published: Desember 03, 2025

Keywords: Capillarity,
flannel fabric, wick system

Abstract: The wick hydroponic system relies heavily on the wick as a medium for delivering nutrient solution to the surface of the flannel cloth used as the growing medium, and selecting a wick with good capillarity is an important factor in supporting optimal plant growth. The wick system is a hydroponic method that enables continuous distribution of nutrient solution with relatively easy maintenance and simple operation. This study aims to analyze and evaluate the capillarity characteristics of several types of wicks through measurements of resistance and absorption capability using an Arduino Nano V3, a digital multimeter, and observation sheets. The data were analyzed using Microsoft Excel for initial processing. The results show that acrylic flannel has higher capillarity and lower resistance compared to polyester flannel, making it more effective in continuously delivering nutrient solution. These findings provide a scientific basis for selecting the optimal wick material in wick hydroponic systems. Future research is recommended to examine a wider variety of wick materials and to conduct direct testing on plant growth to obtain a more comprehensive understanding of wick performance.

Abstrak: Hidroponik sistem wick sangat bergantung pada sumbu sebagai media penghantar larutan nutrisi ke permukaan kain flanel yang digunakan sebagai media tanam, dan pemilihan sumbu dengan daya kapilaritas baik menjadi faktor penting dalam mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal. Sistem wick merupakan metode hidroponik yang memungkinkan distribusi larutan nutrisi secara kontinu dengan perawatan yang relatif mudah dan pengoperasian sederhana. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengevaluasi karakteristik kapilaritas beberapa jenis sumbu melalui pengukuran resistansi dan kemampuan penyerapan menggunakan Arduino Nano V3, multimeter digital, dan lembar observasi. Data dianalisis menggunakan *microsoft excel* untuk pengolahan awal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kain flanel akrilik memiliki daya kapilaritas lebih tinggi dan resistansi lebih rendah dibandingkan kain flanel polyester, sehingga lebih efektif dalam menghantarkan larutan nutrisi secara kontinu. Temuan ini memberikan dasar ilmiah dalam pemilihan jenis sumbu yang optimal pada sistem hidroponik wick. Penelitian selanjutnya direkomendasikan untuk menguji lebih banyak variasi bahan sumbu serta melakukan pengujian langsung pada pertumbuhan tanaman guna memperoleh gambaran performa sumbu secara lebih komprehensif.

PENDAHULUAN

Perubahan iklim yang semakin tidak menentu dan meningkatnya frekuensi cuaca ekstrem telah berdampak pada penurunan hasil pertanian di banyak wilayah (Ihsan & Derosya., 2024). Kondisi ini mendorong perlunya metode budidaya yang lebih adaptif dan mampu

menyediakan pangan secara berkelanjutan meskipun berada pada lingkungan yang terbatas atau tidak ideal yaitu sistem hidroponik (Rajendran et al., 2024). Salah satu solusi yang mulai banyak dikembangkan yang dinilai mampu mendukung produksi pangan pada daerah dengan lahan sempit maupun pada

kondisi lingkungan yang keras. Bahkan, teknologi ini berpotensi diterapkan untuk kebutuhan budidaya tanaman di luar angkasa. Seiring dengan tingginya kebutuhan akan sumber sayuran berkualitas tinggi melalui pertanian terkontrol, permintaan terhadap sistem hidroponik dalam ruangan diperkirakan akan terus meningkat (Lee & Lee, 2015). Hal tersebut tidak terlepas dari kemampuan metode hidroponik sebagai alternatif budidaya yang mampu meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman sehingga dapat memenuhi permintaan konsumen (Siregar, 2017).

Hidroponik berasal dari kata *hydros* yang berarti air dan *phonos* yang berarti kerja, yaitu metode bercocok tanam tanpa menggunakan tanah sebagai media tumbuh. Sistem ini memiliki berbagai kelebihan, antara lain tidak bergantung pada kondisi musim maupun ketersediaan lahan serta mampu menghasilkan produk yang lebih higienis (Masduki, 2017). Pada praktiknya, keberhasilan budidaya hidroponik sangat ditentukan oleh pemberian nutrisi yang memadai dan pengaturan konsentrasi larutan yang tepat untuk menunjang pertumbuhan tanaman (Siregar & Satria, 2025). Selain itu, tanaman yang ditanam secara hidroponik cenderung lebih bersih karena media yang digunakan berupa air, bahkan dapat memberikan nilai estetika tambahan sebagai elemen dekoratif (Surtinah & Nizar, 2017).

Penanaman hidroponik memiliki berbagai metode, mulai dari yang berskala murah hingga berskala mahal. Beberapa sistem hidroponik yang umum digunakan antara lain hidroponik sistem *wick*, akuakultur, *ebb and flow*, tetes (*drip irrigation*), film teknik hara (*nutrient film technique*) dan aeroponik (Nurwahyuni, 2012). Penyediaan nutrisi pada sistem hidroponik harus mempertimbangkan faktor biaya, kemudahan penerapan, serta efisiensi penggunaan sumber daya,

sehingga pemilihan metode yang sesuai menjadi bagian penting dalam kegiatan budidaya (Khodijah et al., 2021). Di antara berbagai metode tersebut, hidroponik sistem *wick* merupakan teknik bercocok tanam yang paling sederhana, karena menggunakan sumbu untuk mengalirkan larutan nutrisi dari bagian bawah sistem menuju media tanam (Lestari et al., 2023). Sistem ini cukup populer karena konstruksinya sederhana dan dapat dirakit dari bahan-bahan yang berbiaya rendah, sehingga cocok bagi pengguna yang baru mulai belajar hidroponik (Wibowo et al., 2022). Hal ini sejalan dengan temuan dalam kajian komprehensif yang menjelaskan bahwa sistem *wick* merupakan sistem pasif tanpa kebutuhan pompa, sehingga lebih mudah dioperasikan serta ideal untuk tanaman berukuran kecil dan bagi pemula yang ingin memulai budidaya hidroponik (Rajaseger et al., 2023).

Hidroponik sistem *wick* bekerja dengan memanfaatkan kapilaritas air, di mana sumbu berfungsi menyalurkan larutan nutrisi dari wadah penyimpanan ke akar tanaman (Fajari et al., 2023). Pemilihan jenis sumbu menjadi faktor penting, karena setiap bahan memiliki kemampuan kapilaritas yang berbeda, sehingga memengaruhi efektivitas penyaluran nutrisi dan berpengaruh langsung terhadap pertumbuhan tanaman (Hanif et al., 2025).

Peristiwa kapilaritas pada hidroponik sistem *wick* terjadi karena adanya tegangan permukaan antara larutan nutrisi dan dinding saluran kapiler pada sumbu. Proses ini dipengaruhi oleh interaksi molekul cairan yang melibatkan gaya kohesi dan adhesi, sehingga memungkinkan larutan bergerak naik melalui sumbu menuju media tanam (Toto & Yulisma, 2017). Penyerapan pada kain terjadi pada bahan berpori-pori, cairan mengisi pori-pori kecil pada kain (Atasağun et al., 2016).

Sumbu yang digunakan dalam sistem *wick* yakni kain flanel. Kain flanel memiliki nilai ketinggian serapan air dan kapilaritas tertinggi. Ketinggian serapan air dan kapilaritas terendah adalah kain satin. Kain katun, sifon, dan jersey memiliki ketinggian serapan air dan kapilaritas yang hampir sama (Ardiani et al., 2019). Karakteristik kain flanel ditinjau ketebalan dan tekstur memiliki perbedaan dari kain yang lain, serta terbuat dari bahan serat wol tanpa proses tenun (Ardiani et al., 2019). Kain flanel memiliki beraneka ragam jenis, setiap jenis flanel menggunakan bahan baku yang berbeda. Seperti flanel akrilik terbuat serat plastik, flanel bamboo terbuat dari serat kayu, flanel polyester terbuat serat polyester sintesis serta flanel 100% wool (Engineering, 2025). Semua jenis flanel ini seyogyanya memiliki daya serap berbeda-beda.

Penelitian menunjukkan bahwa sumbu flanel memiliki daya kapilaritas sekitar 4,3 cm/menit, wol 3,7 cm/menit, dan katun 2,8 cm/menit. Tanaman cabai merah dengan sumbu flanel atau wol menunjukkan pertumbuhan yang lebih baik, baik dari segi tinggi tanaman maupun jumlah daun, dibandingkan tanaman dengan sumbu katun (Arini, 2019). Penelitian lain juga menemukan bahwa penggunaan sumbu flanel pada sistem *wick* menghasilkan pertumbuhan dan bobot segar terbaik pada pakcoy dalam media alternatif dibandingkan sumbu lainnya (Inonu et al., 2021). Media tanam dan jenis sumbu merupakan faktor penting dalam sistem *wick*, di mana sumbu flanel sering digunakan sebagai bahan standar (Vanesaputri & Arum, 2022). Namun, variasi jenis flanel yang tersedia belum banyak dikaji, sehingga perlunya mengetahui dan mengevaluasi jenis flanel paling efektif yang dapat diterapkan secara konsisten pada sistem *wick*.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen untuk menganalisis dan mengevaluasi karakteristik kapilaritas beberapa jenis kain flanel (sumbu) melalui pengukuran resistansi listrik dan kemampuan penyerapan air. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah jenis kain flanel, yaitu flanel akrilik dan flanel polyester, sedangkan variabel terikat meliputi ketinggian air yang terserap kain (cm), waktu perambatan air pada kain (sekon), dan resistansi listrik kain (Ω).

Pengukuran dilakukan menggunakan alat berbasis Arduino dan multimeter, yang tersusun seperti ditunjukkan pada Gambar 1, dengan lampu indikator sebagai penanda air telah mencapai permukaan kain. Sebagai media percobaan digunakan gelas takar plastik berisi 575 ml air, sedangkan charger HP 5V berfungsi sebagai sumber daya rangkaian. Kain flanel akrilik dan polyester dipotong dengan ukuran 4 cm \times 10 cm untuk dijadikan sampel. Semua data dicatat pada lembar pengamatan untuk dianalisis lebih lanjut.



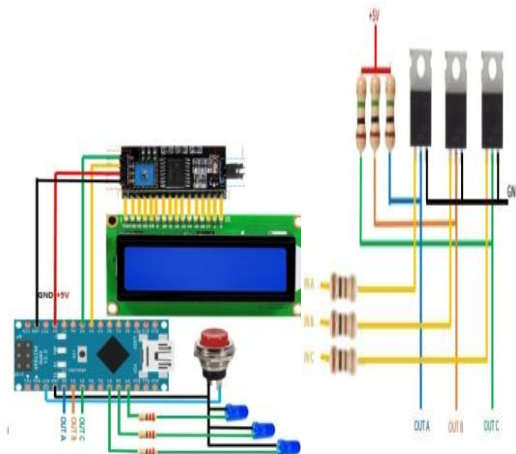
Gambar 1. Rangkaian alat daya kapilaritas

Cara kerja rangkaian Gambar 2, bagian OUT A/B/C akan terhubung ke +5V melalui resistor 1M ohm, dan posisi Mosfet dalam keadaan off (kaki 2 & 3 tidak terhubung), ketika ada air yg mengenai sensor (IN A/ IN B/ IN C), bagian Gate (kaki 1) mosfet terhubung ke +5V melalui air dan resistor 100 Ω , hal ini akan membuat mosfet dalam keadaan ON, kaki mosfet nomor 2 & 3 menjadi terhubung, OUT A/B/C akan berlogika LOW. Logika LOW digunakan untuk mentrigger arduino dan arduino

melakukan perhitungan waktu sampai air mencapai titik C.

Arduino merupakan sebuah papan sirkuit elektronik dengan komponen utama sebuah IC mikrokontroler yang terdiri dari processor, RAM, dan EEPROM (Priyambodo & Uno, 2018). Cara kerja board arduino mentransmisikan instruksi ke mikrokontroler dalam board (Kresnha et al., 2019). Penggunaan arduino nano sebagai alat ukur waktu, mudah diprogram dengan aplikasi IDE, desain kecil, irit tempat serta alat menjadi lebih portable, desain arduino nano V3 memudahkan pemasangan di PCB. Program dengan arduino IDE menyediakan bahasa C dan C++ dan library C/C++ dari *Wiring project* untuk operasi input dan output yang lebih sederhana (Kurniawan, 2019).

Arduino Nano telah banyak digunakan dalam penelitian eksperimen dan alat ukur, antara lain pada sistem pemantauan termal (Zamfir et al., 2023). Alat ini juga digunakan sebagai mikrokontroler untuk membaca sensor denyut nadi secara *real-time*, sebagaimana diterapkan dalam alat pengukur denyut nadi berbasis Arduino (Timor & Kesuma, 2023). Lebih lanjut, mikrokontroler ini dapat mengontrol dan membaca sensor pada alat ukur gravitasi, sehingga data eksperimen dapat dicatat secara akurat (Khairunnisa et al., 2022).



Gambar 2. Rangkaian pengukur waktu arduino

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan pengukuran daya kapilaritas terhadap dua jenis sumbu yaitu kain flanel akrilik dan kain flanel polyester pada sistem *wick*, menggunakan Arduino dan multimeter maka diperoleh hasil Tabel 1 & 2:

Tabel 1. Kondisi pengukuran

Jenis Kain	Terendam (cm)	Tidak Terendam (cm)	Serapan (cm)
Akrilik	2	2	4
Polyester	2	2	4

Tabel 2. Hasil pengukuran

Jenis Kain	Waktu (s)	Resistansi (Ω)
Akrilik	522,29	60.000
Polyester	268,27	100.000

Berdasarkan data pada Tabel 1 & 2, pengukuran daya kapilaritas terhadap dua jenis sumbu yaitu kain flanel akrilik dan kain flanel polyester pada sistem *wick*, menggunakan arduino dengan volume air yang digunakan masing-masing sebesar 575 ml dan ketinggian serapan air masing-masing 4 cm diperoleh waktu perambatan sebesar 522,29 sekon pada percobaan kain akrilik dan sebesar 268,27 sekon pada percobaan kain flanel polyester. Pengukuran resistansi dengan multimeter diperoleh nilai resistansi sebesar 60.000 Ω pada percobaan kain flanel akrilik dan nilai resistansi sebesar 100.000 Ω pada percobaan kain flanel polyester.

Hasil pengukuran daya kapilaritas menggunakan Arduino terhadap ketinggian serapan air dan waktu perambatan pada kain flanel akrilik dengan ketinggian serapan air sebesar 4 cm diperoleh waktu perambatan sebesar 522,29 sekon, sedangkan pada kain flanel polyester dengan ketinggian serapan air sebesar 4 cm diperoleh waktu perambatan sebesar 268,27 sekon. Kain flanel akrilik memiliki waktu perambatan lebih tinggi artinya lambat dibandingkan dengan kain flanel polyester dapat dikatakan kain flanel akrilik dapat menyerap air dengan sangat baik namun waktu perambatan

lama dari pada kain flanel polyester. Hal ini dapat disebabkan karena perbedaan bahan baku dari kedua kain flanel tersebut. Kain flanel polyester (jenis Amerika) memiliki susunan serat yang lebih jarang dibandingkan dengan kain flanel akrilik yang tersusun dari serat sangat rapat dan tebal sehingga air akan mudah melewati bagian kain flanel polyester dibanding kain flanel akrilik. Kain flanel polyester waktu perambatannya tidak membutuhkan waktu lama seperti kain akrilik.

Kain flanel akrilik yang memiliki bahan tebal dan celah serat halus memiliki daya kapilaritas tinggi karena mampu menyerap air lebih banyak. Sebaliknya, kain flanel polyester dengan celah serat lebih besar memiliki daya kapilaritas lebih rendah, sehingga air dapat melewati kain lebih cepat, tetapi kapasitas serapnya lebih sedikit. Kapilaritas tergantung pada ukuran pori atau celah kain. Kecepatan perambatan air dan kapasitas serap bisa berbeda, tergantung struktur kain (Lei et al., 2020). Ukuran pori atau kapiler yang lebih kecil menghasilkan tekanan kapiler lebih tinggi, sehingga cairan dapat meresap ke dalam media berpori dengan lebih cepat dan kapasitas penyerapan menjadi lebih besar (Ubuo et al., 2023).

Proses penyerapan air pada kain juga dipengaruhi oleh interaksi air dengan bahan kain, sifat zat cair seperti viskositas dan tegangan permukaan, serta struktur pori-pori kain (Shi & Yuan, 2012). Susunan serat pada benang dan benang pada kain memberikan variasi dalam ukuran dan bentuk aliran cairan, sehingga memengaruhi kemampuan sumbu dalam sistem *wick* (Datta Roy et al., 2018). Selain itu, hasil eksperimen juga dapat dijelaskan dengan literatur mengenai pengaruh struktur kain terhadap kapilaritas.

Berdasarkan penelitian terbaru, simulasi dan eksperimen menunjukkan bahwa porositas kain, radius kapiler,

tegangan permukaan cairan, dan sudut kontak mempengaruhi laju perambatan air dan kapasitas penyerapan (*wicking*) (Salokhe et al., 2023). Dengan kata lain, media porous seperti kain atau serat dengan pori atau kapiler yang tepat akan menentukan seberapa cepat dan seberapa banyak air dapat diserap. Fenomena ini juga terlihat saat serat kain menyerap air, karena porositas dan permeabilitas kain berubah sehingga *wicking* dan kapasitas serap sangat bergantung pada struktur kain, termasuk ukuran pori dan ruang antar serat (Liu & Ben-abdelwahed, 2025).

Pengukuran daya kapilaritas menggunakan Arduino terhadap ketinggian serapan air, waktu perambatan dan resistansinya pada kain flanel akrilik dengan ketinggian serapan air sebesar 4 cm diperoleh waktu perambatan sebesar 522,29 sekon dan nilai resistansinya sebesar 60.000 Ω , sedangkan pada kain flanel polyester dengan ketinggian serapan air sebesar 4 cm diperoleh waktu perambatan sebesar 268,27 sekon dan nilai resistansinya sebesar 100.000 Ω . Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa kain flanel akrilik memiliki nilai resistansi lebih kecil dibandingkan dengan nilai resistansi kain flanel polyester, karena resistansi menunjukkan ketidaksebandingannya dengan besarnya kuat arus, sehingga semakin kecil resistansi maka akan semakin besar kuat arusnya.

Sifat listrik (resistivitas atau resistansi) dari kain atau laminat tekstil berubah signifikan tergantung kelembaban atau jumlah air/kelembaban yang terserap (Gulbinienė & Valatkienė, 2023). Artinya kain flanel akrilik memiliki kuat arus yang lebih besar dibandingkan dengan kuat arus yang dimiliki oleh kain flanel polyester. Resistansi kain menurun ketika moisture (kelembaban/air) meningkat (Chen et al., 2021). Hal ini juga dapat diketahui dari daya serap yang dimiliki oleh kain flanel,

pada kain flanel akrilik memiliki daya serap kain terhadap air (kapilaritas) yang lebih besar dibandingkan dengan daya serap kain flanel polyester sehingga kandungan air yang terserap oleh kain flanel akrilik ini lebih banyak, karena air dapat menghantarkan arus listrik dengan baik, maka kuat arus pada kain flanel akrilik besar namun nilai resistansinya kecil.

SIMPULAN DAN SARAN

Pengukuran daya kapilaritas pada sumbu flanel akrilik dan flanel polyester menggunakan Arduino dan multimeter menunjukkan bahwa flanel akrilik memiliki kemampuan kapilaritas yang lebih tinggi. Hal ini terlihat dari perambatan air yang lebih cepat dan nilai resistansi yang lebih rendah dibandingkan flanel polyester. Struktur serat akrilik lebih efektif dalam mendukung proses penyerapan air secara kapiler.

Berdasarkan temuan ini, penelitian selanjutnya dapat menggunakan variasi jenis dan ketebalan kain untuk mengetahui pengaruh karakteristik material terhadap proses kapilaritas serta mengembangkan pemanfaatan Arduino dengan sensor tambahan agar pengukuran menjadi lebih akurat. Hasil penelitian ini juga dapat diterapkan dalam kegiatan praktikum sebagai media pembelajaran fisika untuk memperkuat pemahaman konsep kapilaritas melalui eksperimen sederhana

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiani, S., Rahmayanti, H. D., & Akmalia, N. (2019). Analisis kapilaritas air pada kain. *Jurnal Fisika*, 9(2), 47–51. <https://doi.org/10.15294/jf.v9i2.21394>
- Arini, W. (2019). Tingkat daya kapilaritas jenis sumbu pada hidroponik sistem wick terhadap tanaman cabai merah (*capsicum annum l.*). *Jurnal Perspektif Pendidikan*, 13(1), 23–34.

<https://doi.org/10.31540/jpp.v13i1.302>

- Atasağun, H. G., Okur, A., Akkan, T., & Akkan, L. (2016). A test apparatus to measure vertical wicking of fabrics a case study on shirting fabrics. *Journal of the Textile Institute*, 107(12), 1483–1489. <https://doi.org/10.1080/00405000.2015.1128225>
- Chen, Q., Shu, L., Fu, B., Zheng, R., & Fan, J. (2021). Electrical resistance of stainless steel/polyester blended knitted fabrics for application to measure sweat quantity. *Polymers*.
- Datta Roy, M., Chattopadhyay, R., & Sinha, S. K. (2018). Wicking performance of profiled fibre part b: Assessment of fabric. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series E*, 99(1), 1–8. <https://doi.org/10.1007/s40034-017-0103-2>
- Engineering, T. (2025). *Felt fabric: Properties, types, production and uses*. Textile Engineering. <https://textileengineering.net/felt-fabric-properties-types-production-and-uses/>
- Fajari, I., Syah, B., & Sugiono, D. (2023). Pengaruh penggunaan berbagai jenis sumbu dan media tanam terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi keriting (*brassica juncea l.*) varietas samhong king pada hidroponik sistem wick ilham. *Jurnal Agroplasma*, 10(2), 424–432.
- Gulbinienė, A., & Valatkienė, L. (2023). Influence of relative humidity on electrical properties of textile laminates. *Materials Science (Medžiagotyra)*, 29(4), 525–530.
- Hanif, S., Edditya, N., Triani, N., & Santoso, J. (2025). Synergistic organic wick and nutrient levels on the morphological performance of pakcoy (*brassica rapa l*) in hydroponic axis system. *Jurnal Pembelajaran Dan Biologi Nukleus*,

- 11(September), 1033–1055.
- Ihsan, T., & Derosya, V. (2024). Adaptasi pertanian dalam menghadapi perubahan iklim: Peluang dan tantangan. *Jurnal Serambi Engeneering*, 9(4). 10946 - 10953.
- Inonu, I., Hambali, R., Pratama, D., & Lestari, A. W. (2021). Journal of degraded and mining lands management effect of wick application of growick irrigation system on the cultivation of pakcoy in sand tailing media from post-tin mining land. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 8(2), 2595–2600. <https://doi.org/10.15243/jdmlm>.
- Khairunnisa, D. S., Doyan, A., & Zuhdi, M. (2022). Pengembangan media alat ukur percepatan gravitasi berbasis. *Jurnal Hasil Kajian, Inovasi, Dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 8(November), 246–259.
- Khodijah, N. S., Kusmiadi, R., Belitung, U. B., Semangat, G., Balunijuk, D., Merawang, K., & Bangka, K. (2021). Growth of lettuce (*lactuca sativa*) hydroponically in simple wick system on various types of nutrient. *Jurnal Agromi Tanaman Tropika*, 3(2).
- Kresnha, P. E., Latifah, N., & Wicahyani, A. (2019). Automasi hidroponik indoor sistem wick dengan pengaturan penyinaran menggunakan growing lights dan pemberitahuan nutrisi berbasis sms gateway. *Seminar Nasional Teknologi*, 1–8.
- Kurniawan, A. (2019). Alat bantu jalan sensorik bagi tunanetra. *Inklusi*, 6(2), 285. <https://doi.org/10.14421/ijds.060205>
- Lee, S., & Lee, J. (2015). Scientia horticulturae beneficial bacteria and fungi in hydroponic systems: types and characteristics of hydroponic food production methods. *Scientia Horticulturae*, 195, 206–215. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.011>
- Lei, M., Li, Y., Liu, Y., Ma, Y., Cheng, L., & Hu, Y. (2020). Effect of weaving structures on the water wicking evaporating behavior of woven fabrics. *Polymers* 2020, 12, 1–13. <https://doi.org/10.3390/polym12020422>
- Lestari, D. A. P., Muharam, M., & Subardja, V. O. (2023). Pengaruh jenis dan jumlah sumbu pada hidroponik sistem wick terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman selada (*lactuca sativa* L.) varietas maritima. *Jurnal Agroplasma*, Vol. 10 No. 1, Mei 2023: 67-77, 10(1), 67–77. <https://doi.org/DOI:https://doi.org/10.36987/agroplasma.v10i1.3630>
- Liu, S., & Ben-abdelwahed, A. (2025). Colloids and surfaces a: Physicochemical and engineering aspects experimental and simulation analysis of capillary impregnation and wettability in cotton fiber porous media. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 720(April), 136991. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2025.136991>
- Masduki, A. (2017). Hidroponik sebagai sarana pemanfaatan lahan. *Jurnal Pemberdayaan*, 1(2), 185–192.
- Nurwahyuni, E. (2012). Optimalisasi pekarangan melalui budidaya tanaman secara hidroponik. *Prosiding Seminar Nasional Optimalisasi Pekarangan*, 863–868.
- Priyambodo, B., & Uno, A. (2018). The Design of Speed and Direction (Velocity) Measuring Instruments Based On Arduino Uno. *Jurnal Ilmu Fisika dan Terapannya*, 7(2), 1-15.
- Rajaseger, G., Chan, K. L., Tan, K. Y., Ramasamy, S., Khin, M. C., & Amaladoss, A. (2023). Hydroponics: Current trends in sustainable crop

- production. *Bioinformation*, 19(9), 925–938.
<https://doi.org/10.6026/97320630019925>
- Rajendran, S., Domalachenpa, T., Arora, H., & Li, P. (2024). Heliyon hydroponics : Exploring innovative sustainable technologies and applications across crop production, with emphasis on potato mini-tuber cultivation. *Heliyon*, 10(5), e26823.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26823>
- Salokhe, S., Rahmati, M., Masoodi, R., & Entwistle, J. (2023). Capillarity experimental study. *Yandy Scientific Press*, 6(3), 41–48.
- Shi, X. J., & Yuan, H. ping. (2012). Fractal modeling for capillary flow through fiber bundle. *Journal of the Textile Institute*, 103(1), 34–39.
<https://doi.org/10.1080/00405000.2010.542009>
- Siregar, G. M., & Satria, B. (2025). Analisis Kinerja Kendali Otomatis Greenhouse Piggyback Berbasis Plc dengan Metode Irigasi Sumbu. *Jurnal Nasional Teknologi Komputer*, 5, 730–743.
- Siregar, M. (2017). Respon Pemberian nutrisi abmix pada sistem tanam hidroponik terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman sawi (brassica juncea). *Journal of Animal Science and Agronomy Panca Budi*, 2(2), 18–24.
- Surtinah, S., & Nizar, R. (2017). Pemanfaatan Pekarangan sempit dengan hidroponik sederhana di pekanbaru. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 23(2), 274.
<https://doi.org/10.24114/jpkm.v23i2.6876>
- Timor, A. R., & Kesuma, D. (2023). Alat pengukur denyut nadi dengan tampilan oled berbasis arduino. *Jurnal Teknik, Komputer, Agroteknologi dan Sains*, 2(1), 92–97.
- Toto, T., & Yulisma, L. (2017). Analisis aplikasi konsep gaya dalam fisika yang berkaitan dengan bidang biologi. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, 3(1), 63.
<https://doi.org/10.21009/1.03109>
- Ubuo, E. E., Udoetok, I. A., Tyouwa, A. T., Obadimu, C. O., & Al-shehri, H. S. (2023). Capillary rise : A simple tool for simultaneous determination of porosity and thickness of thin silica coatings. *Composites Science*, 7(6), 1–12.
- Vanesaputri, A., & Arum, A. P. (2022). Pengaruh jenis media tanam dan jenis sumbu terhadap pertumbuhan dan hasil bayam merah secara hidroponik the effect of planting media and axes on the growth and yield of red spinach in hydroponic system. *Jurnal Penelitian Agronomi*, 24(1), 20–26.
- Wibowo, A. setya, Suprianto, A. N., & Al-Iksan, Y. E. (2022). Teknik budidaya hidroponik dengan sistem wick. *Science Contribution to Society Journal*, 2(2), 13–18.
- Zamfir, E. M., Avram, M., Radu, M., Stănescu, C., & Predușcă, G. (2023). Thermal scanning system using arduino nano. *Sciendo*, 64–71.
<https://doi.org/10.2478/sbeef-2023-0011>