

Kajian Konsep Fluida Dinamis pada Optimalisasi Aliran Nutrisi Sistem Hidroponik

Study of Dynamic Fluid Concepts in Optimizing Nutrient Flow in Hydroponic Systems

Devita Syafa Adisti Putri¹, Risma Yusliqatur Rohkma², Umi Uswatun Khasanah³,
Susantri Br Tarigan⁴, Sudarti⁵, Kendid Mahmudi^{6*}

^{1,2,3,4,5,6} Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Jember

*Kendidmahmudi.fkip@unej.ac.id.

ABSTRAK

Hidroponik adalah metode pertanian atau budidaya tanaman yang tidak menggunakan tanah sebagai media tumbuh. Fisika memainkan peran yang sangat penting dalam sistem hidroponik, karena konsep-konsep fisika memengaruhi banyak aspek dari pertumbuhan tanaman dan pengoperasian sistem hidroponik. Pemahaman yang mendalam tentang konsep fisika fluida dinamis merupakan salah satu aspek penting dalam keberhasilan hidroponik, karena memainkan peran kunci dalam mengoptimalkan aliran nutrisi dalam sistem hidroponik. Aliran nutrisi yang optimal di dalam sistem hidroponik adalah kunci untuk mencapai hasil yang baik dalam budidaya tanaman, efisiensi penggunaan sumber daya, dan pengurangan dampak lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki konsep fluida dinamis yang terkait dengan aliran nutrisi dalam sistem hidroponik dan bagaimana pemahaman tentang prinsip-prinsip fluida dinamis ini dapat diterapkan untuk mengoptimalkan pertumbuhan dan hasil tanaman. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *literature review*. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data sekunder pada buku yang terbit pada 10 tahun terakhir dan jurnal yang terbit pada 5 tahun terakhir dengan kata kunci berupa fluida, aliran fluida, dan aliran nutrisi tanaman hidroponik. Konsep fluida dinamis dalam sistem hidroponik dapat digunakan untuk memahami pergerakan dan perilaku air yang membawa nutrisi ke akar tanaman. Pemahaman Hukum Bernoulli dapat membantu dalam perancangan sistem agar nutrisi dapat mengalir dengan benar. Asas kontinuitas ini sangat penting dalam perancangan dan pengelolaan sistem aliran nutrisi dalam hidroponik, karena dapat membantu memastikan distribusi nutrisi yang merata di antara tanaman, sehingga semua tanaman dapat tumbuh dengan baik dan mendapatkan nutrisi yang cukup.

Kata kunci: Fluida dinamis; Aliran Fluida; Hidroponik; Aliran Nutrisi

ABSTRACT

Hydroponics is a method of agriculture or plant cultivation that does not use soil as a growing medium. Physics plays a very important role in hydroponic systems, as physics concepts affect many aspects of plant growth and hydroponic system operation. An in-depth understanding of the concepts of dynamic fluid physics is one of the critical aspects in the success of hydroponics, as it plays a key role in optimising nutrient flow in hydroponic systems. Optimised nutrient flow within hydroponic systems is key to achieving good yields in crop cultivation, efficient use of resources, and reduced environmental impact. This research aims to investigate the dynamic fluid concepts associated with nutrient flow in hydroponic systems and how an understanding of these dynamic fluid principles can be applied to optimise plant growth and yield. The method used in this research is literature review. The data used in this research is secondary data in books published in the last 10 years and journals published in the last 5 years with keywords such as fluid, fluid flow, and nutrient flow of hydroponic plants. The concept of dynamic fluids in hydroponic systems can be used to understand the movement and behaviour of water carrying nutrients to plant roots. Understanding Bernoulli's Law can help in the design of the system so that nutrients can flow to the plant roots.

Keywords: *Dynamic fluid; Fluid Flow; Hydroponics; Nutrient Flow*

PENDAHULUAN

Pada saat dunia menghadapi tantangan pertanian yang semakin meningkat akibat pertumbuhan populasi global dan perubahan iklim, metode budidaya tanaman yang inovatif dan berkelanjutan menjadi semakin penting. Salah satu solusi yang menonjol adalah hidroponik. Hidroponik (*hydroponics*) berasal dari bahasa latin yaitu *hydro* yang berarti air dan *phonos* yang berarti kerja, sehingga hidroponik dapat diartikan sebagai air yang bekerja (Istiqomah, 2007:1). Hidroponik adalah metode pertanian atau budidaya tanaman yang tidak menggunakan tanah sebagai media tumbuh. Hidroponik menghadirkan cara baru untuk menanam tanaman tanpa harus menggantungkan diri pada tanah sebagai media tumbuh. Dalam sistem hidroponik, tanaman ditanam dalam lingkungan yang dikontrol secara ketat, menggunakan larutan nutrisi yang kaya akan unsur hara, tanpa melibatkan tanah.

Fisika memainkan peran yang sangat penting dalam sistem hidroponik, karena konsep-konsep fisika memengaruhi banyak aspek dari pertumbuhan tanaman dan pengoperasian sistem hidroponik. Mulai dari cahaya, pengendalian suhu, kelembaban, hingga aliran air. Pengetahuan tentang prinsip-prinsip fisika menjadi kunci dalam menciptakan lingkungan pertumbuhan yang optimal bagi tanaman tanpa menggunakan tanah sebagai media tumbuh. Salah satu konsep fisika yang dapat ditemui dalam sistem hidroponik yaitu fluida dinamis. Dalam hidroponik, air dan nutrisi dialirkan ke akar tanaman melalui berbagai sistem, seperti sistem NFT (*Nutrient Film Technique*) maupun sistem DFT (*Deep Flow Technique*)

NFT adalah sebuah sistem yang menggunakan film larutan nutrisi (Fuad dan Zuhrie, 2019). Film yang dimaksud merupakan lapisan tipis berupa larutan nutrisi. Pada sistem ini, nutrisi disalurkan ke akar tanaman dalam bentuk lapisan tipis larutan nutrisi yang mengalir melalui saluran dangkal. Metode NFT merupakan salah satu sistem hidroponik yang paling

populer dan dikenal karena efisiensinya dalam penggunaan air dan nutrisi. NFT sering digunakan untuk menanam tanaman berdaun hijau dan tanaman berukuran kecil dalam budidaya hidroponik. Sedangkan DFT merupakan sistem hidroponik yang meletakkan akar tanaman pada lapisan air dengan kedalaman lapisan antara 4-6 cm (Yustiningsih *et al.*, 2019). Sistem ini mengandalkan aliran air dalam saluran dangkal yang lebar di bawah akar tanaman. Pada sistem DFT, akar tanaman ditempatkan di dalam lapisan nutrisi cair yang dangkal yang mengalir melalui saluran atau wadah yang lebar. Lapisan nutrisi ini memastikan bahwa akar tanaman memiliki akses langsung pada nutrisi yang dibutuhkan. Sistem DFT dapat digunakan untuk menanam berbagai jenis tanaman, termasuk sayuran dan herbal.

Dinamika fluida adalah salah satu cabang ilmu fisika yang mempelajari tentang perilaku fluida (cairan dan gas) dan bagaimana mereka berinteraksi dalam berbagai konteks. Berdasarkan sifat geraknya, fluida terbagi menjadi dua jenis yaitu fluida statis dan fluida dinamis. Fluida statis merupakan fluida tak bergerak atau fluida bergerak yang berkelajuan nol (Jati, 2018:191). Fluida dinamis merupakan jenis fluida yang tidak diam atau melakukan pergerakan sehingga menimbulkan gaya geser berdasarkan kecepatan (Dewadi *et al.*, 2023:158). Karakteristik dari fluida dinamis yaitu tidak kompresibel, tidak terjadi gesekan (gesekan antara fluida dan dinding dapat diabaikan saat mengalir), alirannya stasioner, aliran tunak atau steady (kecepatan tiap-tiap aliran fluida relatif terhadap waktu adalah konstan) (Nugroho *et al.*, 2023:39). Contoh fluida dinamis diantaranya yaitu aliran air sungai, aliran air terjun, aliran cairan pada pipa, dan lain-lain.

Pemahaman yang mendalam tentang konsep fisika fluida dinamis merupakan salah satu aspek penting dalam keberhasilan hidroponik, karena memainkan peran kunci dalam mengoptimalkan aliran nutrisi dalam sistem hidroponik. Prinsip fisika aliran fluida berhubungan langsung dengan cara Penyaluran air dan nutrisi melalui pipa atau kanal untuk mencapai akar tanaman tanpa tergenang atau kekurangan serta bagaimana air berperilaku dalam lingkungan hidroponik.. Prinsip-prinsip dinamika fluida, seperti hukum kontinuitas, membantu menjelaskan bagaimana volume nutrisi yang masuk ke dalam sistem harus sama dengan volume yang dikeluarkan dan didistribusikan ke setiap tanaman. Hal ini memastikan bahwa setiap tanaman menerima nutrisi yang dibutuhkan, sehingga dapat menciptakan dan menjaga kondisi yang optimal bagi tanaman untuk tumbuh.

Pemahaman konsep fluida dinamis menjadi kunci dalam merancang dan mengoperasikan sistem yang melibatkan aliran cairan, baik dalam aplikasi teknik, industri, maupun dalam pemahaman aliran nutrisi dalam hidroponik. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki konsep fluida dinamis yang terkait dengan aliran nutrisi dalam sistem hidroponik dan bagaimana pemahaman tentang prinsip-prinsip fluida dinamis ini dapat diterapkan untuk mengoptimalkan pertumbuhan dan hasil tanaman. Dengan demikian, pemahaman yang baik tentang prinsip-prinsip tersebut dapat memungkinkan untuk merancang sistem yang efisien, aman, dan optimal.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *literature review* atau studi literatur. Studi literatur merupakan jenis penelitian yang mengumpulkan, mengevaluasi, dan mensintesis literatur yang telah ada yang relevan dengan penelitian. Jenis penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan konten atau isi pokok berdasarkan informasi yang sudah didapatkan (Syofian dan Gazali, 2021). Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data sekunder berupa buku yang terbit 10 tahun terakhir dan jurnal yang terbit 5 tahun terakhir. Kata kunci yang digunakan berupa fluida, aliran fluida, dan aliran nutrisi tanaman hidroponik. Data yang telah didapatkan kemudian dikaji dan dianalisis menggunakan analisis deskriptif yang akan menghasilkan data berupa bagaimana penggunaan konsep fluida dinamis dalam sistem hidroponik mulai dari pengaliran nutrisi dan air ke tanaman hidroponik (Uswatun dan Sudarti, 2022).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jumlah literatur yang digunakan pada penelitian ini yaitu sebanyak 5 buah jurnal, dengan kata kunci yang sesuai dengan penelitian ini. Berikut ini hasil *literature review* disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil *literature review*

No	Penulis dan Tahun	Hasil
1.	Arini, 2019	Hasil penelitian ini didapatkan bahwa konsep IPA yang terdapat pada sistem hidroponik yaitu gaya kapilaritas air dari pipa paralon menuju ke kain flanel yang dihubungkan dengan <i>rockwool</i> dan akar. Pada system ini, tanaman tidak terendam langsung oleh air, tetapi menggunakan kain flanel untuk membantu tanaman menyerap air, nutrisi, dan zat hara menuju ke akar dan batang tanaman.
2.	Baiyin <i>et al.</i> , 2021	Diketahui bahwa laju aliran yang sesuai, bertindak sebagai eustress, memberikan stimulasi mekanis yang tepat pada akar untuk mendorong pertumbuhan akar, menyerap lebih banyak nutrisi, dan meningkatkan pertumbuhan tanaman secara keseluruhan. Sebaliknya, laju aliran berlebih menimbulkan gangguan yang menyebabkan akar menjadi kompak dan menghambat luas permukaan akar serta pertumbuhan akar. Dengan demikian, laju aliran berlebih mengakibatkan luas permukaan akar lebih rendah yang berarti berkurangnya unsur hara penyerapan ion dan pertumbuhan tanaman yang lebih buruk dibandingkan dengan tanaman yang dibudidayakan pada laju aliran yang sesuai.

3.	Sugianto <i>et al.</i> , 2020	Hasil penelitian ini diketahui bahwa penerapan pompa <i>Heron Fountain</i> pada system DFT efektif bagi tanaman hidroponik dalam melakukan sirkulasi nutrisi yang terputus. Pompa ini menggunakan prinsip kerja hukum Bernoulli yaitu terjadinya tekanan dan gaya konstanta pada masukan dan luaran.
4.	Suharto <i>et al.</i> , 2016 “	Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem hidroponik yang dirancang untuk budidaya tanaman kentang berhasil.. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem hidroponik dapat efektif digunakan untuk budidaya tanaman kentang dan menghasilkan umbi yang dapat dikonsumsi.
5.	Yuniarti <i>et al.</i> , 2023	Hasil penelitian menunjukkan bahwa aliran air pada pipa hidroponik metode DFT mengalir secara konstan dengan kecepatan yang rendah, sehingga aliran tersebut bersifat tunak. Tanaman tidak menyerap air dan nutrisi secara berlebihan, sehingga tanaman dapat tumbuh secara optimal. Sistem aliran air dan nutrisi pada tanaman hidroponik mengandalkan aliran air dan nutrisi yang ada pada pipa, dengan demikian debit air dan kecepatannya terjaga agar konstan.

Berdasarkan hasil *literature review* jurnal yang digunakan, diketahui bahwa aliran nutrisi dalam sistem hidroponik adalah salah satu aspek paling krusial dalam mendukung pertumbuhan tanaman. Dinamika fluida berkaitan dengan cara nutrisi bergerak melalui sistem, sejauh mana nutrisi didistribusikan secara merata, dan bagaimana faktor seperti kecepatan aliran maupun tekanan, dapat memengaruhi aliran nutrisi.

Penelitian yang dilakukan oleh Yuniarti et al. (2023) diketahui bahwa aliran air pada pipa hidroponik DFT mengalir secara konstan dan dengan kecepatan yang rendah sehingga aliran tersebut bersifat tunak. Hal tersebut dikarenakan kecepatan aliran air dan nutrisi dalam sistem hidroponik dapat memengaruhi penyerapan nutrisi oleh akar tanaman. Aliran yang terlalu lambat dapat mengakibatkan stagnasi nutrisi di sekitar akar, sedangkan aliran yang terlalu cepat dapat membuat nutrisi lewat tanpa diserap. Konsep fluida dinamis dalam sistem hidroponik dapat digunakan untuk memahami pergerakan dan perilaku air yang membawa nutrisi ke akar tanaman. Dalam sistem hidroponik, air dan nutrisi mengalir dalam aliran yang dalam di bawah akar tanaman yang terendam dalam air. Kecepatan aliran air dalam sistem hidroponik harus diatur agar cukup untuk membawa nutrisi ke akar tanaman tetapi tidak terlalu cepat sehingga menghamburkan nutrisi atau merusak akar. Aliran air dalam sistem hidroponik biasanya diatur menggunakan pompa dan katup pengaturan aliran. Pengendalian aliran harus dilakukan dengan cermat untuk memastikan nutrisi terdistribusi dengan baik ke semua tanaman.

Hukum Bernoulli adalah prinsip yang menjelaskan hubungan antara tekanan, kecepatan, dan ketinggian dalam aliran fluida. Penelitian yang dilakukan oleh Baiyin et al. (2021) diketahui bahwa dalam kisaran laju aliran yang sesuai, peningkatan aliran memberi akar tanaman tingkat rangsangan mekanis yang sesuai untuk mendorong pertumbuhan akar. Perubahan tiba-tiba dalam laju aliran dapat mengakibatkan perubahan tekanan, yang pada gilirannya dapat memengaruhi penyerapan nutrisi oleh akar tanaman. Hukum Bernoulli menjadi salah satu prinsip utama dalam dinamika fluida yang menyatakan bahwa dalam aliran fluida yang stabil, total energi dalam sistem (kinetik, potensial, dan energi tekanan) adalah konstan. Dalam hidroponik, ini berarti bahwa menjaga laju aliran nutrisi yang konsisten sangat penting. Pemahaman Hukum Bernoulli dapat membantu dalam perancangan sistem agar nutrisi dapat mengalir dengan benar, menghindari penurunan tekanan yang dapat mempengaruhi aliran nutrisi ke tanaman.

Asas kontinuitas adalah salah satu prinsip dasar dalam fisika yang berlaku untuk berbagai jenis aliran fluida, termasuk aliran nutrisi dalam sistem hidroponik. Prinsip ini menjelaskan bahwa laju aliran massa cairan harus tetap konstan di seluruh bagian dalam suatu aliran. Pada sistem hidroponik, volume nutrisi yang masuk ke dalam sistem harus sama dengan volume nutrisi yang disalurkan ke setiap tanaman. Hal tersebut dikarenakan asas kontinuitas menyatakan bahwa aliran massa fluida yang masuk ke dalam sebuah pipa harus sama dengan aliran massa fluida yang keluar. Jika terdapat perubahan dalam laju aliran pada satu bagian sistem, maka harus diimbangi dengan perubahan dalam laju aliran pada bagian lain sistem. Berlakunya asas kontinuitas ini sangat penting dalam perancangan dan pengelolaan sistem aliran nutrisi dalam hidroponik, karena dapat membantu memastikan distribusi nutrisi yang merata di antara tanaman, sehingga semua tanaman dapat tumbuh dengan baik dan mendapatkan nutrisi yang cukup.

Penerapan konsep fluida dinamis dalam sistem hidroponik memiliki sejumlah manfaat seperti distribusi nutrisi yang merata di seluruh tanaman dapat membantu tanaman menerima nutrisi yang cukup untuk pertumbuhan yang sehat, menghindari kekurangan atau kelebihan nutrisi yang dapat merugikan pertumbuhan; aliran nutrisi dapat dikendalikan dengan cara mengatur kecepatan dan volume aliran nutrisi sesuai dengan kebutuhan tanaman dan kondisi lingkungan; dapat membantu dalam mengoptimalkan penggunaan nutrisi yang diarahkan dengan tepat ke akar tanaman sehingga mengurangi pemborosan nutrisi dan biaya; membantu dalam menciptakan keseimbangan tekanan dalam sistem hidroponik, yang dapat menghindari masalah seperti perubahan tekanan yang tiba-tiba yang dapat merusak akar tanaman; serta dapat lebih efisien dalam penggunaan air karena nutrisi yang tidak terbuang secara berlebihan dan membantu menjaga keberlanjutan penggunaan air.

KESIMPULAN

Sistem hidroponik adalah teknik penanaman yang tidak menggunakan tanah sebagai media tumbuh, tetapi menggunakan air yang diberi nutrisi. Konsep fluida dinamis pada sistem hidroponik berkaitan dengan aliran nutrisi dalam pipa. Aliran nutrisi dalam sistem

hidroponik adalah salah satu aspek paling krusial dalam mendukung pertumbuhan tanaman. Dalam kisaran laju aliran yang sesuai, peningkatan aliran memberi akar tanaman tingkat rangsangan mekanis yang sesuai untuk mendorong pertumbuhan akar. Perubahan tiba-tiba dalam laju aliran dapat mengakibatkan perubahan tekanan, yang pada gilirannya dapat memengaruhi penyerapan nutrisi oleh akar tanaman. Konsep fluida dinamis ini membantu para perancang dan pengelola sistem hidroponik untuk merancang sistem yang efisien dan efektif. Dengan pemahaman yang baik tentang prinsip-prinsip tersebut, permasalahan seperti penyumbatan, distribusi nutrisi yang tidak merata, atau penurunan tekanan yang dapat memengaruhi pertumbuhan tanaman dalam sistem hidroponik dapat dihindarkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arini, W. (2019). Tingkat Daya Kapilaritas Jenis Sumbu pada Hidroponik Sistem Wick terhadap Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annum* L.). *Jurnal Perspektif Pendidikan*, 13, 23-34.
- Baiyin, B., K. Tagawa., M. Yamada, X. Wang., S. Yamada., Y. Shao., P. An., S. Yamoto, & Y. Ibaraki. (2021). Effect of Nutrient Solution Flow Rate on Hydroponic Plant Growth and Root Morphology. *Plants*, 10, 1840.
- Dewadi, F. M., E. Bachtiar, Tukimun, R. Alyah, D. Satriawan, F. Annisa, J. S. Pasaribu, E. Randjawali, Zahriah, J. Afrida, Masniah, & N. Rochyani. (2023). *Fisika Dasar I (Mekanika dan Panas)*. Padang: PT Global Eksekutif Teknologi.
- Istiqomah, S. (2007). *Menanam Hidroponik*. Lombok: Azka Mulia Media.
- Jati, B. M. E. (2018). *Pengantar Fisika 1*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Nugroho, B. S., A. Nurrahman, T. Dianpalupidewi, N. Suryaningsih, & I. Jajuli. (2023). *Mekanika Fluida Laboratorium Hilir Migas*. Indramayu: CV. Adanu Abimata.
- Fuad, A. N. & M. S. Zuhrie. (2019) Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Pengontrolan pH Nutrisi pada Hidroponik Sistem *Nutrient Film Technique* (NFT) Menggunakan Pengendali PID Berbasis Arduino UNO. *JURNAL TEKNIK ELEKTRO*. 8(2), 349-357. <https://doi.org/10.26740/jte.v8n2.p%p>
- Sugianto, N., Irkhos, Supiyati, & H. E. Saputra. (2020). Penerapan Pompa Tanpa Listrik (*Heron's Fountain*) untuk Hidroponik DFT (*Deep Flow Technique*) di Kelurahan Sukamerindu Kecamatan Sungai Serut Kota Bengkulu. *Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, 5(1), 59-70.
- Suharto, Y.B., H. Suhardiyanto, & A. D. Susila. (2016). Pengembangan Sistem Hidroponik untuk Budidaya Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.). *Jurnal Keteknik Pertanian*, 4(2), 211-218.
- Syofian, M. & N. Gazali. (2021). Kajian literatur: Dampak Covid-19 terhadap Pendidikan

- Jasmani. *Journal of Sport Education (JOPE)*, 3(2), 93. <https://doi.org/10.31258/jope.3.2.93-102>.
- Uswatun, U. & Sudarti. (2022). Potensi Radiasi Gelombang Elektromagnetik Extremely Low Frequency (ELF) Guna Meningkatkan Ketahanan Usia Simpan Buah-Buahan. *Jurnal Teknologi Pertanian Gorontalo (JTPG)*, 7(2), 70-74.
- Yuniarti, E., E. T. Wahyuni, & L. D. Kusuma. (2023). Analisis Konsep IPA pada Sistem Hidroponik DFT (*Deep Flow Technique*). *Jurnal Sintesis*. 4(1), 26-32.
- Yustiningsih, M., Y. G. Naisumu, & A. Berek. (2019). *Deep Flow Technique (DFT)* Hidroponik Menggunakan Media Nutrisi Limbah Cair Tahu Dan Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L) Untuk Peningkatan Produktivitas Tanaman. *Jurnal Mangifera Edu*, 3(2), 110-121. <https://doi.org/10.31943/mangiferaedu.v3i2.25>