

SKRIPSI

**OTOMATISASI *PROTOTYPE* SISTEM HIDROPONIK
BERBASIS *NUTRIENT-FILM TECHNIQUE***



**MUHAMMAD RIZKY ADITYA
03051381823086**

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2022

SKRIPSI

**OTOMATISASI *PROTOTYPE* SISTEM HIDROPONIK
BERBASIS *NUTRIENT-FILM TECHNIQUE***

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



OLEH

MUHAMMAD RIZKY ADITYA

03051381823086

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2022

HALAMAN PENGESAHAN

**OTOMATISASI *PROTOTYPE* SISTEM HIDROPONIK
BERBASIS *NUTRIENT-FILM TECHNIQUE***

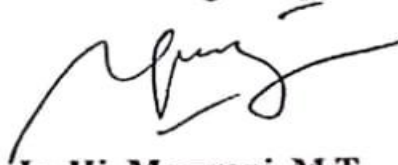
SKRIPSI

**Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar sarjana
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

**Oleh:
MUHAMMAD RIZKY ADITYA
03051381823086**

Palembang, Desember 2022

Pembimbing Skripsi



**Ir. Hj. Marwani, M.T.
NIP. 19650322199102200**



**Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin**

**Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP 197142251997021001**

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No.
Diterima Tanggal
Paraf

: 004 / TM / AF - 12623
: 31 / 01 - 2023
:

SKRIPSI

NAMA : Muhammad Rizky Aditya
NIM : 03051381823086
JURUSAN : TEKNIK MESIN
JUDUL SKRIPSI : OTOMATISASI PROTOTYPE HIDROPONIK
BERBASIS NUTRIENT FILM TECHNIQUE
DIBUAT TANGGAL : 24 FEBRUARI 2022
SELESAI TANGGAL : 13 JANUARI 2023

Palembang, Desember 2022

Diperiksa dan disetujui oleh:
Pembimbing Skripsi

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 197112251997021001

Ir. Hj. Marwani, M.T.
NIP. 19650322199102200

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul "OTOMATISASI PROTOTYPE SISTEM HIDROPONIK BERBASIS NUTRIENT-FILM TECHNIQUE." telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 4 Januari 2023.

Palembang, 4 Januari 2023

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Berupa Skripsi

Ketua Penguji :

Prof. Ir. Riman Sipahutar, M.Sc, Ph.D.

NIP. 195606041986021001

Sekretaris Penguji :

Astuti, S.T, M.T.

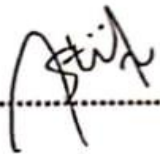
NIP. 197210081998022001

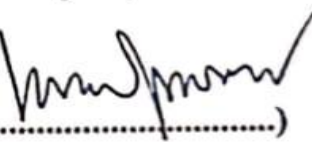
Penguji :

Dr. Ir Irwin Bizzy, M.T.

NIP. 196005281989031002

(..........)

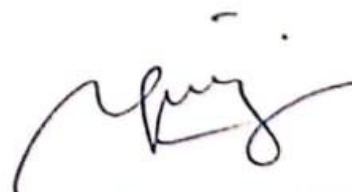
(..........)

(..........)

Palembang, Desember 2022

Diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing Skripsi

(..........)

Ir. Hj. Marwani, M.T.

NIP. 196503221991022001

 Ketua Jurusan Teknik Mesin

Irsyadi Yan, S.T., M.Eng., Ph.D.

NIP. 197112251997021001

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhamamd Rizky Aditya

NIM : 03051381823086

Judul : Otomatisasi Prototype Sistem Hidroponik Berbasis Nutrient Film
Technique

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*Corresponding author*).

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, Desember 2022



Muhammad Rizky Aditya

NIM: 03051381823086

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Rizky Aditya

NIM : 03051381823086

Judul : Otomatisasi Prototype Sistem Hidroponik Berbasis Nutrient Film Technique

Menyatakan bahwa skripsi saya merupakan hasil karya saya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan plagiat dalam skripsi ini. Apabila ditemukan unsur penjiplakan plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, saya buat pernyataan ini dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun



Palembang, Desember 2022



Muhammad Rizky Aditya

NIM: 03051381823086

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan Skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mengikuti seminar pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dengan judul ” Otomatisasi *prototype* sistem hidroponik berbasis *nutrient-film technique* ”.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak, akan sulit bagi penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada.

1. Ibu Evi Aprina sebagai orang tua penulis yang selalu memberi support dan selalu memberi motivasi.
2. Achamad Dimiyati yang menjadi motivasi penulis agar dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
3. Ibu Ir. Hj. Marwani M.T selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan banyak waktu, ilmu yang bermanfaat dan motivasi untuk terus berkembang dalam menyelesaikan penulisan Skripsi ini.
4. Bapak Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Amir Arifin, S.T, M.Eng, Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
6. Seluruh Dosen di jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya atas ilmu, nasihat dan bimbingan selama proses perkuliahan.
7. Sahabat-sahabat di Teknik Mesin Angkatan 2018, sahabat-sahabat SMA yang membantu dan memberi support kepada penulis Ini.

Hanya terima kasih yang dapat penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah membantu, semoga Allah SWT membalas semua kebaikan yang sudah diberikan kepada saya dengan rahmat dan karunia-Nya.

Mohon maaf apabila terdapat kesalahan dalam penulisan yang tidak disengaja. Akhir kata penulis mengharapkan agar skripsi ini dapat bermanfaat

serta kontribusi di dalam dunia pendidikan dan industri serta bagi kemajuan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang

Palembang, Desember 2022

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Rizky Aditya' written in a stylized, cursive script.

Muhammad Rizky Aditya

NIM: 03051381823086

RINGKASAN

OTOMATISASI *PROTOTYPE* SISTEM HIDROPONIK BERBASIS *NUTRIENT-FILM TECHNIQUE*

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, 9 Januari 2023

Muhammad Rizky Aditya, di bimbing oleh Ir. Hj. Marwani, M.T.

xxvii+ 46 Halaman, 1 Tabel, 23 Gambar, 4 Lampiran

RINGKASAN

Metode hidroponik saat ini cocok untuk bercocok tanam pada lahan sempit atau ruang yang terbatas, sistem hidroponik merupakan sebuah opsi yang menawarkan sebuah sistem penanaman yang lebih efisien (dilihat dari segi penggunaan air, penggunaan unsur hara (nutrisi), dan pemanfaatan lahan yang terbatas) dan dapat meningkatkan produktivitas lahan pertanian. Hidroponik dipilih karena lebih efisien dan memudahkan dalam pertanian. Sebenarnya, metode ini bukanlah hal baru dalam dunia pertanian di Indonesia. Walaupun masih banyak masyarakat domestik yang belum mengetahui secara detail bagaimana cara melakukannya dan apa saja keuntungannya, banyak bukti di lapangan menunjukkan fakta bahwa penerapan sistem hidroponik di area urban. Terdapat beberapa jenis sistem tanam pada hidroponik akan tetapi pada penelitian ini metode yg dipilih teknik film nutrisi (*nutrient film technique NFT*) dikarenakan karakteristik aliran air dalam kanal terbuka yang dapat digunakan untuk menanam tumbuhan contohnya pakcoy, sawi dan kangkung. Pada salah satu contoh tanaman yang dibudidayakan menggunakan metode NFT telah dipelajari bahwa faktor yang dapat mempengaruhi kualitas dan kuantitas tanaman terletak pada peranan akar tanaman sebagai penyerap semua elemen nutrisi yang dibutuhkan. Pada penelitian ini, fenomena mekanika fluida dari aliran beserta campuran nutrisi memiliki efek langsung pada sistem aliran fluida dari hidroponik NFT. Dalam penerapan hidroponik berbasis NFT diketahui air mencukupi untuk kangkung dan potcoy dengan panjang pipa 1 meter dan diameter 6.35cm diameter

air sudah mencapai 2cm untuk mencukupi pipa tersebut dalam waktu 8:49 dengan kecepatan pompa maksimal 300 L perjam, pada 14menit 33detik pokcoy dan kangkung menyerap air hingga turun dibawah ketinggian air 1cm pada menit tersebut juga arduino akan menghidupkan secara otomatis dan pompa akan menompang pada wada penampungan untuk mencukupi setiap pipa pada tumbuhan pokcoy dan kangkung memompa air hingga 2cm ketinggian pipa untuk mencukupi tumbuhan pokcoy dan kangkung pada pipa.

Kata Kunci: Hidroponik, *nutrient film technique (NFT)*, *Arduino*, Nutrisi

SUMMARY

PROTOTYPE AUTOMATION OF HYDROPONIC SYSTEM BASED ON NUTRIENT-FILM TECHNIQUE

Scientific writing in the form of a thesis, January 9, 2023

Muhammad Rizky Aditya, guided by Ir. Hj. Marwani, M.T.

xxvii+ 46 Pages, 1 Table, 23 Figures, 4 Attachments

SUMMARY

The hydroponic method is currently suitable for farming on narrow land or limited space, the hydroponic system is an option that offers a more efficient planting system (in terms of water use, nutrient use, and limited land use) and can increase the productivity of agricultural land. Hydroponics was chosen because it is more efficient and easier to farm. Actually, this method is not new in the world of agriculture in Indonesia. Even though there are still many domestic people who do not know in detail how to do it and what are the advantages, there is a lot of evidence in the field that shows the fact that the application of hydroponic systems in urban areas. There are several types of cropping systems in hydroponics, but in this study the nutrient film technique (NFT) was chosen due to the characteristics of the water flow in open canals which can be used to grow plants such as pakcoy, mustard greens and kale. In one example of plants cultivated using the NFT method, it has been studied that the factors that can affect the quality and quantity of plants lie in the role of plant roots as absorbers of all the nutritional elements needed. In this study, the fluid mechanics phenomena of the flow along with the nutrient mixture have a direct effect on the fluid flow system of NFT hydroponics. In the application of NFT-based hydroponics, it is known that water is sufficient for kale and potcoy with a pipe

length of 1 meter and a diameter of 6.35cm. water until it drops below the water level of 1cm in that minute the Arduino will turn on automatically and the pump will support the reservoir to suffice for each pipe in the pokcoy and kale plants to pump water up to 2cm in the height of the pipe to suffice the pokcoy and kale plants in the pipe.

Keywords: Hydroponics, nutrient film technique (NFT), Arduino, Nutrition

DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	iii
Halaman Pengesahan	v
Halaman Persetujuan Agenda	vii
Halaman Persetujuan.....	ix
Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi	xi
Halaman Pernyataan Integritas	xiii
Kata Pengantar	xv
Ringkasan.....	xvii
Summary	xix
Daftar Isi.....	xxi
Daftar Gambar.....	xxiii
Daftar Tabel	xxv
Daftar Lampiran	xxvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>Study Literatur</i>	5
2.1.1 <i>Technology in Automatization of Plant Irrigation</i>	5
2.1.2 <i>Real-Time and Remote Monitoring</i>	6
2.2 Saluran Terbuka.....	7
2.3 Bentuk dan Geometri Saluran Terbuka	8
2.4 Persamaan-persamaan untuk masing-masing bentuk saluran.....	9
2.4.1 Saluran persegi panjang	9
2.4.2 Saluran trapesium.....	10
2.4.3 Saluran bulat.....	10
2.5 Pengenalan Teknik Hidroponik	11

2.5.1	Sejarah Singkat.....	11
2.5.2	Sistem Hidroponik Dan Variannya.....	12
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		23
3.1	Metoda Penelitaan	23
3.2	Diagram Alir	23
3.3	Parameter Desain dan Batasannya	24
3.4	Pemodelan CAD 3D.....	25
3.5	Implementasi Desain dan Fabrikasi	26
3.6	Peralatan dan Bahan	27
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....		31
4.1	Rangkaian Pin Pada Prototype Sistem Hidroponik.....	31
4.2	Coding Arduino Menggunakan Arduino IDE	32
4.3	Aplikasi yang digunakan	35
4.4	Spesifikasi alat yang digunakan	35
4.5	Cara kerja peralatan yang dibuat terhadap tanaman yang dipantau.....	36
4.6	Pembuatan Rangka Hidroponik	37
4.7	Pengujian Kecepatan Aliran Pada Tanaman Hidroponik.....	38
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		41
5.1	Kesimpulan.....	41
5.2	Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA.....		43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Klasifikasi aliran terbuka. (Ven Te Chow, 1991)	8
Gambar 2.2 Bentuk dan geometri penampang kanal terbuka	9
Gambar 2.3 Sistem hidroponik dan komponen dasar (Damar Setyoadji. 2017)...	13
Gambar 2.4 Hidroponik sumbu <i>wick system</i> (Bayu WN. 2017).	14
Gambar 2.5 Hidroponik kultur alir dalam <i>deep watater culture</i> (Frank dan Cleon 1995)	15
Gambar 2.6 Hidroponik pasang-surut (<i>flood and drain</i>)	16
Gambar 2.7 Hidroponik teknik film nutrisi (NFT)	17
Gambar 2.8 Hidroponik sistem tetes (<i>drip system</i>)	18
Gambar 2.9 Hidroponik sistem <i>aeroponik</i>	20
Gambar 3.1 Diagram alir.....	24
Gambar 3.2 Diameter pipa	25
Gambar 3.3 Aplikasi <i>solidwork</i> dalam pemodelan 3D	26
Gambar 3.4 Peralatan dalam sistem hidroponik NFT	27
Gambar 3.5 Peralatan otomatis untuk sistem hidroponik NFT	28
Gambar 4.1 Rangkaian Pin	31
Gambar 4.2 Skematik Rangkaian.....	32
Gambar 4.3 Contoh Coding Arduino	33
Gambar 4.4 Tampilan Arduino IDE akan seperti ini:	34
Gambar 4.5 Tampilan Arduino Yang Sudah Di Masuikan Coding	34
Gambar 4.6 Simulasi pembuatan pipa tanaman hidroponik	37
Gambar 4.7 Simulasi pipa tanaman hidroponik yang sudah jadi.....	38
Gambar 4.8 Proses pengujian.....	38
Gambar 4.9 Proses pengujian.....	39

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Parameter desain	25
----------------------------------	----

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I Rumus.....	45
Lampiran II Pengukuran Menggunakan Waktu.....	45
Lampiran III Pengukuran Kecepatan Air Dalam Saluran.....	46
Lampiran IV Rangkaian Peralatan Hidroponik.....	46

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Untuk bercocok tanam pada lahan sempit atau ruang yang terbatas, sistem hidroponik merupakan sebuah opsi yang menawarkan sebuah sistem penanaman yang lebih efisien (dilihat dari segi penggunaan air, penggunaan unsur hara (nutrisi), dan pemanfaatan lahan yang terbatas) dan dapat meningkatkan produktivitas lahan pertanian (Allende, dkk 2015). Sebenarnya, metode ini bukanlah hal baru dalam dunia pertanian di Indonesia. Walaupun masih banyak masyarakat domestik yang belum mengetahui secara detail bagaimana cara melakukannya dan apa saja keuntungannya, banyak bukti di lapangan menunjukkan fakta bahwa penerapan sistem hidroponik di area urban (Prasojo *et al.*, 2020). Selain itu, beberapa peneliti dan praktisi dari berbagai disiplin ilmu pengetahuan dan bidang keahlian telah mempublikasikan hasil riset dan pekerjaan mereka, terutama pada proses otomatisasi sistem pemantauan (*plant-monitoring*) dari pertumbuhan tanaman serta pengendalian parameter iklimnya dan dikembangkan ke dalam berbagai desain dan prototipe sistem (Đuzić, dkk 2017)

Dalam sistem hidroponik terdapat beberapa jenis sistem tanam yang umum yang digunakan, seperti teknik film nutrisi (*nutrient film technique NFT*), teknik aliran dalam (*depp flow technique DFT*), teknik akar terapung dinamis (DFT) dan teknik film nutrisi kultur substrat (NFT) (Koohakan, Jeanaksorn and Nuntagij, 2008). Banyak peneliti sekaligus praktisi sebagai penanam buah dan sayuran (seperti tomat, bawangm wortel, dsb.) telah memahami filosofi utama dalam teknik film nutrisi (NFT) terletak pada karakteristik aliran air dalam kanal terbuka (Al-Tawaha *et al.*, 2018; Koohakan, Jeanaksorn and Nuntagij, 2008). Pada tanaman selada (*latin: Lactuca sativa L.*) yang dibudi dayakan dengan hidroponik berbasis NFT telah dipelajari bahwa faktor yang dapat mempengaruhi kualitas dan

kuantitas tanaman terletak pada peranan akar tanaman sebagai penyerap semua elemen nutrisi yang dibutuhkan yang terlarut pada fluida air yang mengalir dalam sistem hidroponik (Al-Tawaha *et al.*, 2018). Penelitian tersebut telah mempublikasikan hasil risetnya yang mempelajari fenomena mekanika fluida dari aliran air beserta campuran nutrisi memiliki efek langsung pada sistem aliran fluida dari hidroponik NFT (Waller and Yitayew, 2016a).

1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang didapat diidentifikasi dari latar belakang di atas adalah sebagai berikut:

Bagaimana mengembangkan formulasi sistem kanal terbuka tersebut yang dapat diterapkan sehingga diperoleh sebuah sistem hidroponik berbasis *Nutrient Flow Technique* (NFT). Dan menggabungkan sistem otomisasi berbasis mikrokontroler Arduino dengan sistem kanal terbuka dari prototipe hidroponik untuk mendukung sistem aplikasi berbasis *Nutrient Flow Technique* (NFT).

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah di atas diperlukan batasan masalah untuk membatasi rumusan masalah yang telah dibuat sebelumnya, yaitu

1. Aliran fluida diasumsikan *steady* dengan *uniform-flow* pada kanal terbuka (*open-channel*) berskala kecil.
2. Sistem kanal terbuka (*open-channel*) dirancang dengan penampang lingkaran (*circular cross-section*).

3. Pendekatan secara teoritis dilakukan dengan penerapan kalkulasi mekanika fluida untuk aliran sistem kanal terbuka (*open-channel*) dengan penampang lingkaran (*circular cross-section*).
4. Model desain diimplementasikan dengan batasan dimensi ruang tidak lebih dari 1 meter untuk panjang, lebar, dan tinggi

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah pengembangan desain dari sudut pandang mekanika fluida dari sistem aliran kanal terbuka atau *open-channel flow* untuk aplikasi dari sistem hidroponik berbasis NFT. Disini pengembangannya bisa digunakan melalui internet bisa juga melalui *smartphone* atau laptop jadi mempermudah mengontrol tanaman yang tak sering terkontrol. Pengembangan disini bisa otomatis dalam melakukan pencarian kecepatan aliran fluida untuk mengalir air didalam pipa pipa tanaman hidroponik.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaatnya lebih efisien dan dengan adanya penelitian ini agar lebih memudahkan dalam pengisian air dalam skala besar maupun skala kecil diperolehnya pengetahuan dan filosofi dari sudut pandang mekanika fluida tentang bagaimana mengoptimalkan proses penyerapan nutrisi berdasarkan efisiensi durasi kontak antara akar tanaman dan aliran air bernutrisi pada sistem kanal terbuka yang telah dirancang tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Tawaha, Abdel Razzaq et al. (2018) 'Effect of water flow rate on quantity and quality of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in nutrient film technique (NFT) under hydroponics conditions', *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 24(5), pp. 793–800.
- Allende, A. and Monaghan, J. (2015) 'Irrigation water quality for leafy crops: A perspective of risks and potential solutions', *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(7), pp. 7457–7477. doi:10.3390/ijerph120707457.
- Cooper, A. (1979) 'The ABC of NFT', Casper Publications, p. 35.
- Damar Setyoadji, 2017, *Sistem Hidroponik dan Komponen Dasar*, Araska : Jakarta Selatan
- Đuzić, N. and Đumić, D. (2017) 'Automatic plant watering system via soil moisture sensing by means of suitable electronics and its applications for anthropological and medical purposes', *Collegium Antropologicum*, 41(2), pp. 169–172.
- Frank and Cleon, 1995, *Hidroponik Kultur Air Dalam Deep Water Culture*, ITB : Bandung.
- Gericke, W.F. (1945) 'The Meaning of Hydroponics', *Science*, 101(2615), pp. 142–143. doi:10.1126/science.101.2615.142.
- Khan, S., Purohit, A. and Vadsaria, N. (2021) 'Hydroponics: current and future state of the art in farming', *Journal of Plant Nutrition*, 44(10), pp. 1515–1538. doi:10.1080/01904167.2020.1860217.
- Koohakan, P., Jeanaksorn, T. and Nuntagij, I. (2008) 'Major Diseases of Lettuce Grown By Commercial Nutrient Film Technique in Thailand', *Plant*

Pathology, 8(2), pp. 56–63. doi:10.14456/kaj.2022.26.

Mediawan, M., Yusro, M. and Bintoro, J. (2018) ‘Automatic Watering System in Plant House - Using Arduino’, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 434(1), p. 012220. doi:10.1088/1757-899X/434/1/012220.

Munson, B.R., Young, D.F. and Okiishi, T.H. (1994) ‘Fundamentals of fluid mechanics’, Fundamentals of Fluid Mechanics [Preprint]. doi:10.1201/b11709-7.

Prasojo, I. et al. (2020) ‘Design of automatic watering system based on arduino’, Journal of Robotics and Control (JRC), 1(2), pp. 55–58. doi:10.18196/jrc.1213.

Resh, H.M. (2013) Hydroponic Food Production. A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener., CRC Press. Available at: <https://www.taylorfrancis.com/books/9781439878699>.

Singh Bains, P., Kumar Jindal, R. and Channi, H.K. (2017) ‘Modeling and Designing of Automatic Plant Watering System Using Arduino’, Accepted, 7(3), pp. 676–680.

Singh, N. et al. (2020) ‘Arduino Based Automatic Plant Watering/Irrigation System’, International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology, 04(12), pp. 273–276. doi:10.33564/ijeast.2020.v04i12.045.

Waller, P. and Yitayew, M. (2016a) Irrigation and Drainage Engineering, Irrigation and Drainage Engineering. Cham: Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-319-05699-9.

Waller, P. and Yitayew, M. (2016b) ‘Modeling Soil Moisture’, in Irrigation and Drainage Engineering. Cham: Springer International Publishing, pp. 493–510. doi:10.1007/978-3-319-05699-9_28.

Ven Te Chow, 1991, Aliran melalui saluran terbuka, Erlangga, Jakarta