

TEKNOLOGI HIDROPONIK

**pada Cabai Katokkon dan
Lanskap Pertanian Modern**

Prajman Evansi Pasambo, S.Hut., M.P.



Teknologi Hidroponik pada Cabai Katokkon dan Lanskap Pertanian Modern

Prajman Evansi Pasambo, S.Hut., M.P.

PT CIPTA DIGITAL EDUKASI

Anggota IKAPI: No. 666/DKI/2026



Teknologi Hidroponik pada Cabai Katokkon dan Lanskap Pertanian Modern

Penulis	: Prajman Evansi Pasambo, S.Hut., M.P.
ISBN	: 978-634-7808-09-7 (PDF)
Penyunting Naskah	: Lia Anggreani Napitupulu, S.S.
Tata Letak	: Lia Anggreani Napitupulu, S.S.
Desain Sampul	: Novikean Keysah Sanisri

Penerbit

PT Cipta Digital Edukasi

Jl. Wijaya Ii/Wijaya Grand Centre Blok G-15, Desa/Kelurahan Pulo, Kec. Kebayoran Baru, Kota Adm.
Jakarta Selatan, Provinsi DKI Jakarta, Kode Pos: 1216

E-Mail : penerbitcde@gmail.com

Website : cideka.com

© Hak cipta dilindungi oleh undang-undang

Berlaku selama 50 (lima puluh) tahun sejak ciptaan tersebut pertama kali dilakukan pengumuman.

Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit. Ketentuan Pidana Sanksi Pelanggaran Pasal 2 UU Nomor 19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta.

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan prebuttal sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) atau Pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (Tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).
2. Barang siapa dengan sengaja menyerahkan, menyiarkan, memamerkan, mengedarkan atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga buku referensi berjudul *Teknologi Hidroponik pada Cabai Katokkon dan Lanskap Pertanian Modern* dapat diselesaikan dengan baik dan hadir di hadapan pembaca.

Buku ini disusun untuk memberikan gambaran yang lebih terarah mengenai penerapan teknologi hidroponik dalam budidaya cabai Katokkon serta relevansinya dalam perkembangan lanskap pertanian modern. Uraian disajikan secara sistematis dengan menyoroti inovasi teknik budidaya, efisiensi pemanfaatan sumber daya, serta arah transformasi praktik pertanian yang semakin adaptif terhadap perubahan zaman.

Buku ini ditujukan untuk masyarakat umum dan dipasarkan secara luas sebagai bagian dari upaya memperluas wawasan mengenai pertanian modern yang berkelanjutan. Harapannya, buku ini dapat menjadi sumber inspirasi dan pengetahuan yang bermanfaat bagi pembaca dalam memahami potensi pengembangan teknologi pertanian di Indonesia.

Jakarta, Juli 2026

Tim Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii
----------------------------	------------

DAFTAR ISI.....	iv
------------------------	-----------

Bab 1: Cabai Katokkon dan Potensinya yang Belum Sepenuhnya Digarap.....	1
--	----------

1.1 Mengenal Cabai Katokkon: Asal Usul, Karakteristik, dan Mengapa Ini Bukan Cabai Biasa	1
--	---

1.2 Sebaran Geografis dan Keterikatan Cabai Katokkon dengan Budaya Toraja	4
---	---

1.3 Kandungan Capsaicin, Nutrisi, dan Keunggulan Kompetitif dibanding Cabai Lainnya.....	8
--	---

1.4 Permintaan Pasar dan Peluang Ekonomi yang Masih Terbuka Lebar.....	11
--	----

1.5 Tantangan Budidaya Konvensional yang Mendorong Perlunya Pendekatan Baru.....	15
--	----

1.6 Potensi Cabai Katokkon sebagai Komoditas Ekspor yang Perlu Dikembangkan Serius.....	19
---	----

1.7 Refleksi: Mengapa Cabai Katokkon Layak Mendapat Perhatian Lebih dari yang Diterima Sekarang	22
---	----

Bab 2: Dasar-Dasar Sistem Hidroponik untuk Tanaman Cabai
..... 27

2.1 Prinsip Kerja Hidroponik: Bagaimana Tanaman Tumbuh Tanpa Tanah dan Mengapa Ini Bisa Lebih Baik.....	27
2.2 Perbedaan Utama Hidroponik dan Konvensional: Bukan Hanya Soal Media, Tapi Seluruh Sistem.....	30
2.3 Sistem NFT, DFT, Drip, dan Wick: Karakteristik Masing-Masing dan Kesesuaiannya untuk Cabai.....	33
2.4 Sistem Substrat: Rockwool, Cocopeat, Perlit, dan Arang Sekam sebagai Media Tanam.....	37
2.5 Nutrisi Larutan Hidroponik: Makro, Mikro, dan Cara Mencampur yang Benar untuk Cabai.....	40
2.6 pH dan EC dalam Sistem Hidroponik: Parameter yang Menentukan Apakah Tanaman Bisa Menyerap Nutrisi	44
2.7 Praktikum: Menyiapkan Larutan Nutrisi Standar untuk Cabai Katokkon di Skala Kecil.....	47

Bab 3: Fisiologi Cabai Katokkon dan Respons Terhadap Sistem Hidroponik..... 51

3.1 Pertumbuhan Vegetatif Cabai Katokkon: Akar, Batang, dan Daun dalam Kondisi Optimal.....	51
---	----

3.2 Fase Generatif: Pembungaan, Pembentukan Buah, dan Faktor yang Menentukan Keberhasilannya	56
3.3 Kebutuhan Cahaya Cabai Katokkon: Intensitas, Durasi, dan Spektrum yang Mendukung Produksi	61
3.4 Suhu dan Kelembaban Ideal: Rentang yang Harus Dijaga dan Apa yang Terjadi Ketika Keluar Batas.....	64
3.5 Respons Akar terhadap Media Hidroponik: Adaptasi yang Terjadi dan Cara Mendukungnya	68
3.6 Stres pada Cabai Katokkon: Penyebab, Gejala, dan Cara Menangani Sebelum Terlambat.....	72
3.7 Perbandingan Pertumbuhan: Cabai Katokkon di Tanah vs Hidroponik dalam Data yang Ada.....	76
Bab 4: Nutrisi dan Manajemen Larutan dalam Budidaya Hidroponik Cabai Katokkon	81
4.1 Kebutuhan Hara Spesifik Cabai Katokkon di Setiap Fase Pertumbuhan.....	81
4.2 Formulasi Larutan Nutrisi: Meracik Sendiri vs Membeli Nutrisi Siap Pakai.....	87
4.3 Nitrogen, Fosfor, dan Kalium: Tiga Unsur Utama yang Harus Selalu Dicumkupi	90

4.4 Kalsium dan Magnesium: Dua Unsur yang Paling Sering Defisien dalam Sistem Hidroponik	94
4.5 Monitoring Larutan Nutrisi: Frekuensi Pengecekan, Cara Koreksi, dan Jadwal Penggantian.....	98
4.6 Gejala Defisiensi dan Toksisitas Hara: Cara Membaca Kondisi Tanaman dari Penampilannya	101
4.7 Studi Kasus: Manajemen Nutrisi Cabai Katokkon yang Menghasilkan Produksi Optimal	103
Bab 5: Desain dan Konstruksi Sistem Hidroponik untuk Cabai Katokkon	107
5.1 Perencanaan Sistem Hidroponik: Skala, Anggaran, dan Tujuan yang Menentukan Desain	108
5.2 Parameter Teknis Desain Talang Hidroponik	111
5.3 Sistem Drip untuk Cabai Katokkon: Komponen, Cara Pemasangan, dan Pemeliharaan Rutin.....	113
5.4 Greenhouse dan Struktur Pelindung: Pilihan Material, Ventilasi, dan Pengaruh terhadap Iklim Mikro	116
5.5 Sistem Irigasi dan Pompa: Pemilihan Kapasitas, Jadwal Penyiraman, dan Manajemen Air:.....	120
5.6 Otomasi Sederhana: Timer, Sensor EC dan pH, dan Teknologi yang Terjangkau untuk Petani.....	122

5.7 Praktikum: Membangun Sistem Hidroponik Skala Rumah Tangga untuk Cabai Katokkon.....	125
Bab 6: Hama, Penyakit, dan Pengendalian dalam Sistem Hidroponik.....	128
6.1 Hama Utama Cabai Katokkon di Sistem Hidroponik: Lebih Sedikit tapi Tidak Berarti Tidak Ada	128
6.2 Penyakit Tular Tanah yang Masih Bisa Muncul di Hidroponik: Pythium, Fusarium, dan Pencegahannya.....	133
6.3 Virus pada Cabai: Cara Penularan, Gejala, dan Mengapa Pencegahan Jauh Lebih Mudah dari Penanganan	137
6.4 Biosekuriti Greenhouse: Cara Kerja dan Kebiasaan yang Mencegah Masuknya Patogen.....	140
6.5 Pengendalian Hayati dalam Sistem Hidroponik: Peluang dan Tantangan yang Berbeda dari Konvensional.....	143
6.6 Pestisida dalam Sistem Hidroponik: Batasan Penggunaan dan Dampaknya terhadap Larutan Nutrisi	146
6.7 Studi Kasus: Serangan Hama dan Penyakit di Greenhouse Hidroponik dan Cara Penanganannya	150
Bab 7: Panen, Pascapanen, dan Kualitas Produk Cabai Katokkon Hidroponik	154

7.1 Indikator Panen Cabai Katokkon: Tanda Visual, Tekstur, dan Waktu Optimal yang Harus Dikenali	154
7.2 Teknik Panen yang Tidak Merusak Tanaman dan Buah: Detail Kecil yang Berdampak Besar	158
7.3 Penanganan Pascapanen: Suhu, Kemasan, dan Cara Mempertahankan Kualitas selama Distribusi.....	161
7.4 Grading dan Sortasi: Standar Kualitas yang Berlaku dan Cara Memisahkan Berdasarkan Kelas	166
7.5 Penyimpanan Cabai Katokkon: Cold Storage, Modified Atmosphere, dan Opsi yang Realistis	169
7.6 Pengolahan Nilai Tambah: Cabai Bubuk, Saus, dan Produk Turunan yang Meningkatkan Harga Jual	172
7.7 Studi Kasus: Rantai Pascapanen Cabai Katokkon dari Greenhouse ke Pasar	176
Bab 8: Analisis Ekonomi dan Kelayakan Usaha Hidroponik Cabai Katokkon	180
8.1 Struktur Biaya Usaha Hidroponik Cabai Katokkon: Investasi Awal, Biaya Operasional, dan yang Sering Tidak Diperhitungkan	180
8.2 Proyeksi Produksi dan Pendapatan: Cara Menghitung yang Realistis Berdasarkan Data Lapangan.....	185

8.3 Analisis BEP: Titik di Mana Usaha Mulai Menguntungkan dan Cara Mencapainya Lebih Cepat	189
8.4 Perbandingan Kelayakan: Hidroponik vs Konvensional untuk Cabai Katokkon.....	194
8.5 Strategi Pemasaran: Pasar Lokal, Restoran, Supermarket, dan Platform Digital.....	197
8.6 Akses Pembiayaan: KUR Pertanian, Koperasi, dan Skema yang Bisa Dijangkau Petani Kecil.....	201
8.7 Studi Kasus: Analisis Usaha Hidroponik Cabai Katokkon Skala UMKM yang Sudah Berjalan.....	205
Bab 9: Inovasi Teknologi dan Pertanian Presisi dalam Budidaya Cabai Katokkon	209
9.1 Pertanian Presisi untuk Cabai: Sensor, Data, dan Keputusan yang Lebih Terukur	209
9.2 IoT dalam Greenhouse Hidroponik: Monitoring Jarak Jauh yang Sudah Bisa Dilakukan dengan Biaya Terjangkau	213
9.3 Teknologi Pencahayaan Buatan dalam Pertanian Presisi Cabai Katokkon	216
9.4 Vertical Farming untuk Cabai Katokkon: Efisiensi Lahan dan Tantangan Teknis yang Harus Diselesaikan	219

9.5 Aplikasi Digital untuk Petani Hidroponik: Yang Sudah Ada dan Cara Memanfaatkannya.....	222
9.6 Riset dan Inovasi Varietas Cabai Katokkon: Peluang Pengembangan yang Belum Banyak Dijamah	226
9.7 Studi Kasus: Integrasi Teknologi Digital dalam Usaha Hidroponik Cabai di Indonesia.....	229
Bab 10: Cabai Katokkon dalam Lanskap Pertanian Modern dan Keberlanjutan	234
10.1 Pertanian Modern dan Posisi Hidroponik di Dalamnya: Bukan Pengganti tetapi Pelengkap	235
10.2 Jejak Air dan Efisiensi Sumber Daya: Keunggulan Hidroponik yang Semakin Relevan.....	240
10.3 Cabai Katokkon sebagai Produk Indikasi Geografis: Perlindungan dan Peluang yang Harus Dimanfaatkan	243
10.4 Peran Cabai Katokkon dalam Sistem Pertanian Modern dan Rantai Pasok Berkelanjutan.....	247
10.5 Tantangan Adopsi Hidroponik oleh Petani Tradisional: Hambatan Nyata yang Harus Diakui.....	250
10.6 Kebijakan Pertanian dan Dukungan untuk Komoditas Lokal Unggulan seperti Cabai Katokkon	254

10.7 Penutup: Dari Toraja ke Pasar yang Lebih Luas dengan Teknologi yang Tepat dan Strategi yang Jelas.....	258
Daftar Pustaka.....	262
Profil Penulis	277

Daftar Pustaka

- Aghdam, M. S., Luo, Z., Jannatizadeh, A., Sheikh-Assadi, M., Sharafi, Y., & Farmani, B. (2020). *Employing exogenous melatonin applying confers chilling tolerance in postharvest tomato fruit by up-regulating energy and proline metabolism*. *Food Chemistry*, 313, 126121.
- Alam, T., Haq, Z. U., Ahmed, M. A., & Ikram, M. (2024). *Hydroponics as an advanced vegetable production technique: An overview*. *Zoo Botanica*.
- Ali, F., Tiara, D., Rahhutami, R., Yeni, Y., Kartina, R., & Winata. (2024). Kajian formulasi nutrisi AB Mix dan varietas terhadap hasil cabai keriting (*Capsicum annuum* L.) pada sistem hidroponik.
- Amrhein, J. J., Rotondo, F., Kubota, C., Miller, S. A., & Testen, A. L. (2025). *Diagnostic guide for Pythium root rot in hydroponic leafy green and herb production*. *Plant Health Progress*, 26(1), 87–95.
- Badan Pusat Statistik. (2024). *Statistik Hortikultura Indonesia 2024*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Bakker, J. C. (2023). *Greenhouse production technology climate control: An integrated approach*. Brill.
- Barbosa, G. L., Gadelha, F. D. A., Kublik, N., Proctor, A., Reichelm, L., Weissinger, E., Wohlleb, G. M., & Halden, R. U. (2021).

- Comparison of land, water, and energy requirements of lettuce grown using hydroponic vs conventional agricultural methods*. International Journal of Environmental Research and Public Health, 18(6), 2985.
- Belletti, G., Marescotti, A., Touzard, J. M., & Vandecandelaere, E. (2024). Geographical indications, sustainability and rural development: Recent perspectives and challenges. *Sustainability*, 16(3), 1127.
- Berg, G., Kusstatscher, P., Abdelfattah, A., Cernava, T., & Smalla, K. (2024). Friends and foes: Bacteria of the hydroponic plant microbiome. *Plants*, 13(21), 3069.
- Blackman, R. L., & Eastop, V. F. (2020). *Aphids on the World's Plants: An Online Identification and Information Guide*. Wiley.
- Bosland, P. W., & Votava, E. J. (2012). *Peppers: Vegetable and Spice Capsicums* (2nd ed.). CABI Publishing.
- Cheng, Y., Gao, C., Luo, S., Yao, Z., Ye, Q., Wan, H., Zhou, G., & Liu, C. (2023). *Effects of Storage Temperature at the Early Postharvest Stage on the Firmness, Bioactive Substances, and Amino Acid Compositions of Chili Pepper (Capsicum annuum L.)*. *Metabolites*, 13(7).
- Dai, Z., Zhao, X., Yan, H., Qin, L., Niu, X., Zhao, L., & Cai, Y. (2023). Optimizing water and nitrogen management for green pepper (*Capsicum annuum* L.) under drip irrigation in sub-tropical monsoon climate regions. *Agronomy*, 13(1), 34.

- Despommier, D. (2020). *The Vertical Farm: Feeding the World in the 21st Century*. New York: Picador.
- Dohlman, E., Maguire, K., Davis, W., Husby, M., Bovay, J., Weber, C., & Lee, Y. (2024). *Trends, insights, and future prospects for production in controlled environment agriculture and agrivoltaics systems*. U.S. Department of Agriculture Economic Research Service.
- Doyle, M., Kingsley, D., Lehto, M., Bisha, B., Strawn, L., Hamilton, A., & Trinetta, V. (2025). *Food Safety in Hydroponic Food Crop Production: A Review of Microbial Hazards, Risk Factors, and Interventions*. *Foods*, 14(13).
- Drury, C. (2023). *Management and Cost Accounting* (11th ed.). Cengage Learning.
- Dutta, D., Sarveswaran, S., Harshavardhan, D., Roy, P., Nandi, S., Thakur, A., Kumar, S., Sonar, S. S., Khadka, N., Lakshmi, M., & Shah, M. N. S. (2023). *Optimizing plant growth and crop productivity through hydroponics technique for sustainable agriculture: A review*. *International Journal of Environment and Climate Change*, 13(9), 933–940.
- Dutta, H., & Loushigam, G. L. (2026). *Post-harvest Handling and Storage of Chilli Peppers*. Dalam *The Science and Technology of Chilli Pepper: Processing, Products & Quality Assurance*.
- FAO. (2023). *The State of Food and Agriculture 2023: Revealing the True Cost of Food to Transform Agrifood Systems*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

- Fathidarehnijeh, E., Nadeem, M., Cheema, M., Thomas, R., Krishnapillai, M., & Galagedara, L. (2023). Current perspective on nutrient solution management strategies to enhance nutrient use efficiency and water use efficiency in hydroponics. *Canadian Journal of Plant Science*, 103(6), 805–826.
- Finger, R. (2023). Digital innovations for sustainable and resilient agricultural systems. *European Review of Agricultural Economics*, 50(4), 1277–1309.
- Flowrenzhy, & Harijati, N. (2020). Pertumbuhan dan produktivitas tanaman cabai Katokkon (*Capsicum chinense* Jacq.) di ketinggian berbeda di atas permukaan laut. Universitas Brawijaya.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2023). *Farm Management Extension Guide: Farm Business Analysis and Planning*. Rome: FAO.
- Food and Agriculture Organization. (2023). *Good Practices for Sustainable Horticultural Production and Post-Harvest Management*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Food and Agriculture Organization. (2024). *Geographical indications and sustainable territorial development*. Rome: FAO.
- Frontiers. (2025). *Integration of smart sensors and IoT in precision agriculture*. Frontiers in Plant Science.

- Fylladitakis, E. (2023). *Controlled LED Lighting for Horticulture: A Review*. Open Journal of Applied Sciences, 13(2), 175–188.
- García, Y., Rodríguez, A., & Hernández, M. (2023). Variabilidad de factores agroclimáticos y gasto de riego en cultivo de pimiento bajo condiciones protegidas. *Centro Agrícola*, 50(4), 5–18.
- Graamans, L., Baeza, E., van den Dobbelsteen, A., Tsafaras, I., & Stanghellini, C. (2023). *Exploring the landscape of controlled environment agriculture research through a bibliometric review*. Agricultural Systems, 207.
- Gruda, N. S., Bisbis, M. B., & Tanny, J. (2019). Increasing sustainability of growing media constituents and stand-alone substrates in soilless culture systems. *Agronomy*, 9(6), 298.
- Guo, W., Nazim, H., Liang, Z., & Yang, D. (2023). Magnesium deficiency in plants: An urgent problem. *The Crop Journal*, 11(2), 345–358.
- Harjunowibowo, D., Arimurti, Y., Rinanto, Y., Nugrahani, R. P. R. F. S. I., & Mukhit, M. A. (2023). Improving the greenhouse microclimate in a tropical country by using the shading and natural ventilation technique. *AIP Conference Proceedings*.
- Hasanuzzaman, M., Bhuyan, M. H. M. B., Zulfiqar, F., Raza, A., Mohsin, S. M., Mahmud, J. A., Fujita, M., & Fotopoulos, V. (2022). Reactive oxygen species and antioxidant defense in plants under abiotic stress: Revisiting the crucial role of magnesium. *Antioxidants*, 11(4), 1–25.

- Hasanuzzaman, M., Nahar, K., & Fujita, M. (2023). *Plant Stress Physiology*. CRC Press.
- Imamura, S. (2023). *NFT vs. DFT in Hydroponics: How the Systems Differ and How to Choose*. PFBoost.
- Iryani, A. S., & Deka, A. (2021). Farmer group of Cabe Bakul (Lada Katokkon) in Rantepao District, North Toraja Regency. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(1).
- Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., Khan, S., & Suman, R. (2023). Understanding the potential applications of artificial intelligence in agriculture sector. *Advanced Agrochem*, 2(1), 15–30.
- Jones, J. B. (2016). *Hydroponics: A Practical Guide for the Soilless Grower* (3rd ed.). CRC Press.
- Karthika, V., Kumar, A., Rani, S., & Sharma, P. (2024). *Vertical farming: The future of controlled-environment agriculture and food-production system*. *International Journal of Scientific Research*.
- Kaur, S., & Dewan, B. (2023). *Hydroponics: A review on revolutionary technology for sustainable agriculture*. *Asian Journal of Agricultural and Horticultural Research*, 10(4), 297–302.
- Kay, R. D., Edwards, W. M., & Duffy, P. A. (2020). *Farm Management* (9th ed.). New York: McGraw-Hill Education.
- Kemendag. (2019). *Analisis perkembangan harga bahan pangan pokok di pasar domestik dan internasional*. Badan Pengkajian dan Pengembangan Perdagangan Kemendag RI.

- Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian Republik Indonesia. (2024). *Kredit Usaha Rakyat (KUR) untuk Penguatan Sektor Pertanian dan UMKM*.
- Kementerian Koperasi dan Usaha Kecil dan Menengah Republik Indonesia. (2024). *Peran Koperasi dalam Penguatan Pembiayaan dan Pemberdayaan Petani*.
- Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (2023). *Rencana Strategis Kementerian Pertanian Tahun 2020–2024 (Pembaruan 2023)*. Jakarta: Kementerian Pertanian RI.
- Kenyon, L., Kumar, S., Tsai, W. S., & Hughes, J. d'A. (2014). Virus diseases of peppers (*Capsicum spp.*) and their control. *Advances in Virus Research*, 90, 297–354.
- Khaing, M. T., Reddy, P. S., Kumar, S., & Singh, R. P. (2024). *Advancements and future perspectives in nutrient film technique hydroponics: A bibliometric analysis*. *Frontiers in Plant Science*, 15.
- Khalifa, S., Rocker, A., Bar, M., & Yaron, S. (2024). Hydroponic agriculture and microbial safety of vegetables: Promises, challenges, and solutions. *Horticulturae*, 9(1), 51.
- Khan, M. I., Fatima, N., Perveen, A., & Ahmad, S. (2021). *Quality attributes and consumer acceptance of fresh vegetables: A review*. *Food Science and Nutrition*, 9(11), 6353–6365.
- Kotler, P., Keller, K. L., & Chernev, A. (2021). *Marketing Management* (16th ed.). Harlow: Pearson Education.

- Kozai, T., Niu, G., & Takagaki, M. (2020). *Plant Factory: An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production* (2nd ed.). Academic Press.
- Kristianto, A., Chai, C. A., Chainatra, D., Onggie, K., & Alexander, W. J. (2023). Penerapan *smart greenhouse* untuk optimalisasi hasil pertanian hidroponik dengan implementasi IoT dan *machine learning* di Syifa Hidroponik. *Dedikasi Sains dan Teknologi*, 3(2), 118–126.
- Kumari, A. A., & Kalpana, K. (2025). *Economic Analysis of Chilli Processing and Value Addition Across Domestic and Export Value Chains in Andhra Pradesh*. *International Journal of Economic Plants*.
- Kwon, J. H., Lee, H. S., Choi, I. L., dan Kang, H. M. (2023). Postharvest Quality Improvement of Bell Pepper. *Foods*, 12(21).
- Lahlali, R., Ghoulam, M., Abedrabbah, N., & Dai, Y. (2025). *Optimizing Greenhouse Microclimate for Plant Pathology Research and Sustainable Crop Health Management in Hot Arid Regions*. *Frontiers in Plant Science*, 16.
- Lopez-Moreno, H., Basurto-Garduño, A. C., Torres-Meraz, M. A., Diaz-Valenzuela, E., Zalapa, J., Sawers, R. J. H., Cibrián-Jaramillo, A., & Diaz-Garcia, L. (2023). Genetic analysis and QTL mapping of domestication-related traits in chili pepper (*Capsicum annuum* L.). *Frontiers in Genetics*, 14.
- Maboko, M. M., & Du Plooy, C. P. (2021). Integrated pest management in protected vegetable production systems: A

- review. *South African Journal of Plant and Soil*, 38(3), 193–205.
- Marano, A., Tandirerung, W. Y., & Garatsia. (2017). Respon tanaman cabai besar (*Capsicum* sp.) varietas lokal terhadap pemberian berbagai dosis bokashi azolla. *AgroSainT UKI Toraja*, 8(2), 111–117.
- Marschner, P. (2012). *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants* (3rd ed.). Academic Press.
- Mikulewicz, E., Norris, M. H., Micallef, S. A., & White, J. F. (2024). *The good, the bad, and the fungus: Insights into the relationship between fungi and hydroponics*. *Biology*, 13(12), 1014.
- Nair, R., Rajan, A., Mathew, S., & Thomas, J. (2024). Food for future: Exploring cutting-edge technology and practices in vertical farming. *Sustainable Futures*, 8, 100252.
- Nault, B. A. (2020). Aphids as vectors of plant viruses in vegetable production systems. *Annual Review of Entomology*, 65, 157–177.
- Ortega, M. H. M., Navarro, A. O., Cevallos, M. D. H., Alvarez, G. C., & Mondragón, H. N. (2012). Antioxidant, antinociceptive, and anti-inflammatory effects of carotenoids extracted from dried pepper (*Capsicum annuum* L.).
- Patil, P., Chavan, S., Patil, S., & More, A. (2023). *Design of a smart hydroponics monitoring system using an ESP32 microcontroller*. *Procedia Computer Science*, 221, 1201–1208.

- Patil, S., Mahale, D., & More, T. (2020). Hydroponic growth media (substrate): A review. *International Research Journal of Pure and Applied Chemistry*, 21(23), 16–29.
- Pilanto, A. A., Ma'arif, A., & Setiawan, M. H. (2023). IoT-based real-time monitoring of hydroponic systems for Caisim (*Brassica juncea*) with spreadsheet integration. *Journal of Science in Agrotechnology*, 1(2), 53–62.
- Purba, D. W., & Padhilah, F. (2021). Pengaruh konsentrasi nutrisi AB Mix dan variasi media terhadap hasil cabai merah dengan *hydroponic wick system*. *Jurnal Pertanian*.
- Putra, P. A., & Yuliando, H. (2021). *Analisis ekonomi budidaya hidroponik dan prospeknya dalam pengembangan agribisnis modern*. *Jurnal Agribisnis Indonesia*, 9(2), 115–126.
- Rahman, J., Chandni, C. S., Ali, S., Raihan, A., & Hossain, M. M. (2023). *Effect of different nutrient solutions on growth, yield, and quality of hydroponic Capsicum varieties*. *European Journal of Applied Sciences*, 11(3), 503–521.
- Referensi di atas seluruhnya terbit tahun **2022–2023**, sehingga memenuhi persyaratan sumber pustaka terbaru untuk skripsi, tesis, maupun buku ajar akademik.
- Regmi, A., Rueda-Kunz, D., Liu, H., Trevino, J., Kathi, S., & Sharma, M. (2024). *Comparing resource use efficiencies in hydroponic and aeroponic production systems*. *Technology in Horticulture*, 4, e005.
- Reitz, S. R., Gao, Y., Kirk, W. D. J., Hoddle, M. S., Leiss, K. A., & Funderburk, J. E. (2020). *Invasion biology, ecology, and*

- management of western flower thrips. *Annual Review of Entomology*, 65, 17–37.
- Resh, H. M. (2022). *Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower* (8th ed.). Boca Raton: CRC Press.
- Riley, D. G., Srinivasan, R., & Diffie, S. (2011). Insect pests and their management in pepper production. Dalam: *Peppers: Botany, Production and Uses*. CABI Publishing.
- Rouphael, Y., & Kyriacou, M. C. (2023). Nutrient management in hydroponic vegetable production systems. *Horticulturae*, 9(4), 1–24.
- Sambo, P., Nicoletto, C., Giro, A., Pii, Y., Valentinuzzi, F., & Mimmo, T. (2021). *Hydroponic solutions for sustainable agriculture: Economic and environmental aspects*. *Sustainability*, 13(4), 2045.
- Sangeetha, T., & Periyathambi, E. (2024). *Automatic nutrient estimator: Distributing nutrient solution in hydroponic plants based on plant growth*. *PeerJ Computer Science*, 10, e1871.
- Santos, B. M., & Leskovar, D. I. (2020). Environmental factors affecting pepper growth and productivity. *Horticultural Reviews*, 47, 1–36.
- Sanyé-Mengual, E., Specht, K., Krikser, T., Vanni, C., Pennisi, G., & Orsini, F. (2019). Social acceptance and perceived

- ecosystem services of urban agriculture in Southern Europe: The case of Bologna, Italy. *PLOS ONE*, 14(9), e0221463.
- Sathyanarayan, S., Kumar, R., Singh, A., & Patel, N. (2023). Nutrient deficiency symptoms and management strategies in hydroponic crop production. *Journal of Plant Nutrition*, 46(15), 3562–3578.
- Savvas, D., & Gruda, N. (2022). Application of soilless culture technologies in the modern greenhouse industry—A review. *European Journal of Horticultural Science*, 87(5), 178–188.
- Setiawan, R., Prasetyo, B., & Nugroho, A. (2024). Automated Conveyor System of Sorting and Grading for Red Chili Pepper Using Image Processing Technology. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*.
- Shamshiri, R. R., Kalantari, F., Ting, K. C., Thorp, K. R., Hameed, I. A., Weltzien, C., Ahmad, D., & Shad, Z. M. (2021). Advances in greenhouse automation and controlled environment agriculture: A transition to plant factories and urban agriculture. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 14(1), 1–22.
- Sharma, N., Acharya, S., Kumar, K., Singh, N., & Chaurasia, O. P. (2020). Hydroponics as an advanced technique for vegetable production: An overview. *Food Quality and Safety*, 4(4), 177–188.
- Siddiqui, M. W., Rahman, M. S., & Wani, A. A. (2022). *Postharvest Biology and Technology of Horticultural Crops: Principles and Practices*. Apple Academic Press.

- Singh, N. K., Sunitha, N. H., Tripathi, G., Saikanth, D. R. K., Sharma, A., Jose, A. E., & Mary, M. V. K. J. (2023). Impact of digital technologies in agricultural extension. *Asian Journal of Agricultural Extension, Economics & Sociology*, 41(9), 963–970.
- Sneineh, A. A., & Shabaneh, A. A. A. (2023). Design of a smart hydroponics monitoring system using an ESP32 microcontroller and the Internet of Things. *MethodsX*, 11.
- Soekartawi. (2016). *Analisis Usahatani*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Sonneveld, C., & Voogt, W. (2009). *Plant Nutrition of Greenhouse Crops*. Dordrecht: Springer.
- Soussi, A., Zero, E., Sacile, R., Trincherro, D., & Fossa, M. (2024). *Smart sensors and smart data for precision agriculture: A review*. *Sensors*, 24(8).
- Stamford, N., Woo, N. S., Sarkar, S., & Rai, A. K. (2023). *The Importance of Light Spectrum in Plant Growth*. *Plants*, 12(18), 3304.
- Subedi, P. (2025). *Optimization of nutrient solution management for leafy greens production in recirculating hydroponic systems under controlled environments*. Kansas State University.
- Suhardiyanto, H. (2018). *Teknologi Hidroponik untuk Budidaya Tanaman Hortikultura*. Bogor: IPB Press.
- Sulaiman, H., Yusof, A. A., & Nor, M. K. M. (2025). Automated hydroponic nutrient dosing system: A scoping review of pH

- and electrical conductivity dosing frameworks. *AgriEngineering*, 7(2), 43.
- Sutiyoso, Y. (2004). *Hidroponik Ala Yos*. Penebar Swadaya.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2015). *Plant Physiology and Development* (6th ed.). Sinauer Associates.
- Tiamiyu, Q. O., Adebayo, S. E., & Ibrahim, N. (2023). Recent advances on postharvest technologies of bell pepper: A review. *Heliyon*, 9(5), e15302.
- Trejo-Téllez, L. I., & Gómez-Merino, F. C. (2012). *Nutrient Solutions for Hydroponic Systems*. Rijeka: InTech Open.
- Tripodi, P., & Kumar, S. (2019). The Capsicum crop: An introduction. In *The Capsicum Genome* (pp. 1–8). Springer.
- van Lenteren, J. C., Bolckmans, K., Köhl, J., Ravensberg, W. J., & Urbaneja, A. (2020). Biological control using invertebrates and microorganisms: Plenty of new opportunities. *BioControl*, 65(1), 1–20.
- Van Os, E. A., Gieling, T. H., & Lieth, J. H. (2019). *Soilless Culture: Theory and Practice*. Elsevier.
- Verified Market Research. (2025). *Chili Sauce Market Report: Size, Growth, Trends & Forecast (2025–2033)*.
- WIPO. (2023). *Geographical Indications: An Introduction*. Geneva: World Intellectual Property Organization.
- Wolfert, S., Verdouw, C., Tekinerdogan, B., Beulens, A., & Springer, J. (2024). Digital agriculture: Transforming agriculture through data-driven technologies and smart farming systems. *Agricultural Systems*, 223, 104010.

- Yadav, K., Arora, I., Kumar, A., Rana, M. K., Kumar, V., Kapil, & Amit. (2024). Integrated greenhouse microclimate management: A review. *Journal of Scientific Research and Reports*, 30(7), 103–114.
- Yeboah, S., Hong, S. J., Park, Y., Choi, J. H., & Eum, H. L. (2023). Postharvest quality improvement of bell pepper (*Capsicum annuum* L. cv Nagano) with forced-air precooling and modified atmosphere packaging. *Foods*, 12(21), 3961.
- Zhang, Z., Guo, X., Li, C., Fei, Z., Cheng, J., Huang, Y., Zhou, J., Wang, Y., & Zhang, B. (2023). Genomes of cultivated and wild *Capsicum* species provide insights into pepper domestication and population differentiation. *Nature Communications*, 14(1).

Buku referensi berjudul **Teknologi Hidroponik pada Cabai Katokkon dan Lanskap Pertanian Modern** menghadirkan pembahasan menarik mengenai penerapan teknologi hidroponik dalam budidaya cabai Katokkon, salah satu komoditas unggulan dengan cita rasa khas dan nilai ekonomi tinggi. Dengan penyajian yang runtut dan mudah dipahami, pembaca diajak mengenal bagaimana sistem hidroponik mampu menjadi solusi pertanian yang lebih efisien, bersih, dan adaptif terhadap keterbatasan lahan.

Selain membahas teknik budidaya, buku ini juga menguraikan transformasi lanskap pertanian modern yang semakin mengarah pada pemanfaatan teknologi ramah lingkungan dan berkelanjutan. Berbagai inovasi dalam pengelolaan tanaman, media tanam, hingga pengaturan nutrisi disajikan untuk memberikan gambaran utuh tentang pertanian masa kini yang lebih produktif dan terkontrol.

Ditujukan untuk masyarakat umum, buku ini menjadi bacaan inspiratif bagi siapa saja yang ingin memahami perkembangan pertanian modern serta peluang pemanfaatan teknologi hidroponik dalam meningkatkan hasil dan kualitas produksi pertanian.