

Pengembangan Sistem Pendingin Larutan Nutrisi untuk Budidaya Tanaman Hidroponik

The Development of the nutrient solution cooling system for The Hydroponic cultivation

C. Bambang Dwi Kuncoro¹, Tandi Sutandi², M. Anda Falahuddin³

^{1,3}Laboratorium Listrik dan Instrumentasi

²Laboratorium Refrigerasi Terapan

Politeknik Negeri Bandung

Jl. Gegerkalong Hilir, Ds. Ciwaruga, Bandung 40012, Jawa Barat, Indonesia

Email : kuncoro.bambang@polban.ac.id

Abstrak - Temperatur larutan nutrisi merupakan faktor utama yang mempengaruhi proses pertumbuhan tanaman hidroponik. Temperatur larutan nutrisi yang tidak sesuai akan menghambat proses penyerapan air dan ion-ion nutrisi oleh akar tanaman hidroponik. Agar tanaman hidroponik dapat tumbuh dengan kualitas yang baik dan produktifitasnya tinggi maka temperatur larutan nutrisi tanaman harus dapat dijaga pada rentang temperatur 5°C - 15°C untuk tanaman sayuran, dan temperatur antara 15°C - 25°C untuk tanaman buah-buahan. Rentang temperatur tersebut dapat dikondisikan dengan bantuan sistem refrigerasi. Penelitian ini mengembangkan sistem refrigerasi kompresi uap untuk pengaturan dan optimalisasi temperatur larutan nutrisi tanaman hidroponik. Untuk tujuan tersebut maka dirancang sistem pendingin dengan koil pendingin (evaporator) diletakkan di dalam reservoir larutan nutrisi tanaman hidroponik agar dapat mengkondisikan temperatur larutan nutrisi. Dari hasil pengujian diperoleh bahwa sistem pendingin larutan nutrisi tanaman hidroponik mampu menjaga suhu larutan nutrisi pada rentang 5°C - 25°C, dan dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. Dari hasil percobaan, temperatur larutan nutrisi yang tidak sesuai menyebabkan tanaman hidroponik mudah layu dan pada akhirnya menghasilkan tanaman panen yang tidak segar dan kualitasnya kurang baik.

Kata kunci : hidroponik, temperatur, nutrisi, refrigerasi, kontrol

Abstract - The temperature of the nutrient solution is a major factor affecting the hydroponic plant growth process. Unsuitable nutrient solution temperatures will inhibit the process of water absorption and nutrient ions by hydroponic plant roots. In order for hydroponic plants to grow with good quality and high productivity, the temperature of the plant nutrient solution should be maintained at the temperature range 5°C - 15°C for vegetable crops, and temperatures between 15°C - 25°C for fruit crops. The temperature range can be conditioned using the refrigeration system. In this research, the vapor compression refrigeration system was developed to optimize and to control the temperature of the hydroponic nutrient solution. For this purpose, a refrigeration system with a cooling coil (evaporator) is placed in a hydroponic nutrient reservoir to be able to condition the nutrient solution temperature. From the experiment results obtained that cooling system of hydroponic plant nutrient solution able to keep the temperature of the nutrient solution in the range 5°C - 25°C, and can be arranged as needed. Experiment results show that the temperature of the nutrient solution that does not meet the needs of the plants causes the plants to wilt easily and ultimately produce a crop that is not fresh and poor quality.

Keyword : hydroponic, temperature, nutrient, refrigeration, control

I. PENDAHULUAN

Media tanam merupakan elemen dasar yang penting untuk tumbuh kembang segala jenis tanaman karena dari media tanam diperoleh kebutuhan dasar tanaman untuk tumbuh yaitu unsur hara, mineral atau nutrisi. Selain media tanam, lingkungan tanam juga merupakan faktor yang penting untuk diperhatikan agar tanaman dapat tumbuh dengan optimal sehingga jika tanaman diberi kondisi pertumbuhan yang optimal, maka potensi maksimum untuk berproduksi dapat tercapai. Hal ini berhubungan dengan pertumbuhan sistem perakaran tanaman, dimana pertumbuhan perakaran tanaman yang optimum akan menghasilkan pertumbuhan tunas atau pertumbuhan bagian atas yang

sangat tinggi. Kondisi ini tidak terkecuali pada tanaman yang dibudidayakan menggunakan sistem hidroponik dimana air digunakan sebagai media tanamnya. Pada sistem hidroponik, larutan nutrisi (dalam media tanam) yang diberikan mengandung komposisi garam-garam organik yang berimbang untuk menumbuhkan perakaran dengan kondisi lingkungan perakaran yang ideal.

Faktor utama yang mempengaruhi proses pertumbuhan vegetative tanaman dari proses awal perkembangan tanaman sampai terbentuknya bunga adalah temperatur, baik temperatur udara lingkungan maupun temperatur media tanam [1]. Pada sistem hidroponik, temperatur larutan nutrisi akan mempengaruhi proses penyerapan ion nutrisi oleh akar

tanaman. Temperatur yang terlalu rendah atau terlalu tinggi pada larutan nutrisi dapat menyebabkan berkurangnya kemampuan akar tanaman dalam menyerap air dan ion-ion nutrisi [2, 3], untuk tanaman sayuran membutuhkan temperatur optimum larutan nutrisi antara 5°C - 15°C, sedangkan tanaman buah-buahan membutuhkan temperatur optimum larutan antara 15°C - 25°C. Temperatur larutan nutrisi juga mempengaruhi jumlah oksigen yang terlarut (*dissolved oxygen content*) di dalam larutan nutrisi yang sangat berguna bagi akar tanaman. Pada dasarnya kemampuan air untuk mengikat oksigen terkait langsung dengan temperatur. Jika temperatur air (larutan nutrisi) meningkat maka kadar oksigen terlarut dalam air (larutan nutrisi) akan berkurang, dan sebaliknya jika temperatur air (larutan nutrisi) menurun maka kadar oksigen terlarut dalam air (larutan nutrisi) akan bertambah.

Pada penelitian yang dilakukan C. Bambang Dwi K, dkk, penambahan kadar oksigen yang terlarut di dalam larutan nutrisi pada sistem hidroponik NFT (*Nutrient Film Technique*) dilakukan dengan cara memompa udara lingkungan ke dalam larutan nutrisi yang ada di dalam bak penampung larutan nutrisi dengan menggunakan pompa udara [4]. Metode ini juga dilakukan dengan tujuan untuk menurunkan temperatur larutan nutrisi jika temperaturnya melebihi suhu 25°C. Tetapi metode ini hanya dapat menurunkan temperatur larutan nutrisi maksimum sebesar 3°C. Penurunan temperatur dengan metode tersebut juga sangat dipengaruhi temperatur udara lingkungan, jika temperatur udara lingkungan tinggi (diatas 30°C) maka penurunan temperatur larutan nutrisi memerlukan waktu yang lama.

Untuk mengkondisikan temperatur larutan nutrisi sistem hidroponik pada range temperature optimum sesuai kebutuhan jenis tanaman yang dibudidayakan, maka dibutuhkan suatu perangkat yang mampu menjaga temperatur larutan nutrisi yang dipersyaratkan yaitu antara 5°C - 15°C untuk tanaman sayuran, dan temperatur antara 15°C - 25°C untuk tanaman buah-buahan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Budidaya Tanaman Sistem Hidroponik

Hidroponik adalah nama yang di berikan untuk semua bentuk budi daya tanaman dalam larutan nutrisi tanpa menggunakan tanah. Kata hidroponik berasal dari dua kata dalam bahasa Yunani: *hydro* yang berarti air, *ponos* yang berarti kerja. Dengan demikian *hydroponics* atau hidroponik berarti “pengerjaan dengan air”, dan secara implisit, berarti penggunaan larutan dan pupuk kimia untuk pertumbuhan tanaman tanpa menggunakan tanah.

Budi daya tanaman secara hidroponik adalah teknik kuno dalam budi daya tanaman. Pertumbuhan tanaman di dalam air seperti yang di catat dalam dokumen *hieroglyphic* pada ratusan tahun sebelum Kristus,

menggambarkan cara budi daya tanaman di aliran sungai Nile. Diyakini bahwa penggunaan budi daya hidroponik pertama kali adalah sejak zaman Babilonia kuno, dengan taman gantungnya, dikenal sebagai salah satu dari tujuh keajaiban kuno dunia (*one of the seven wonders of the ancient world*) [5].



Gambar 1. Sistem hidroponik

Ditemukannya *polymer polyethylene* di tahun 1930, dan sebuah teknik budi daya hidroponik yang di kenal dengan *Nutrient Film Technique* (NFT) di tahun 1965 (diciptakan oleh *the British Allen Cooper*) memungkinkan penggunaan hidroponik dalam skala komersial [5]. Sejak saat itu budidaya secara komersial berbagai tanaman seperti sayuran, buah-buahan, tanaman obat-obatan, tanaman untuk dekorasi (bunga) yang menggunakan teknik hidroponik, digunakan secara luas terutama di daerah dekat pusat kota-kota besar.

Hidroponik juga sering disebut *Controlled Environmental Agriculture* atau pertanian dengan lingkungan yang terkontrol, dimana cahaya, air, suhu, CO₂, oksigen, pH, dan nutrisi dapat dikontrol [6]. Pada pertanian sistem hidroponik, penyerapan biasanya sebanding dengan konsentrasi nutrisi dalam larutan di dekat akar, dan sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan seperti; salinitas, kadar oksigen, kadar CO₂, temperatur, pH dan konduktivitas larutan nutrisi, intensitas cahaya, periode pencahayaan, dan kelembaban udara.

Dari faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi budidaya sistem hidroponik tersebut, nutrisi memegang peranan kunci dalam menentukan kualitas dan produktivitas budi daya tanaman sistem hidroponik. Oleh karena-nya, keseimbangan penggunaan larutan nutrisi sangat penting dalam menentukan kualitas produk. Kontrol nutrisi dalam larutan nutrisi secara otomatis telah diusulkan oleh *Nielsen* melalui pengaturan level air, konsenterasi nutrisi, dan pH [7]. Pada level air yang konstan, penurunan *electrical conductivity* (EC) dapat digunakan sebagai petunjuk terkait dengan penurunan konsenterasi garam.

Temperatur larutan nutrisi pada sistem hidroponik memiliki hubungan yang proporsional dengan jumlah oksigen yang dikonsumsi oleh tanaman, dan berbanding terbalik dengan oksigen terlarut. Temperatur juga mempengaruhi keterlarutan pupuk dan kemampuan penyerapan akar, sehingga sangat jelas betapa pentingnya mengendalikan variabel ini

terutama dalam cuaca ekstrim. Setiap spesies tanaman membutuhkan temperatur minimum, optimum, dan maksimum untuk pertumbuhan, sehingga di butuhkan sistem pemanasan atau pendinginan untuk menjaga keseimbangan temperatur larutan nutrisi. Temperatur larutan nutrisi memiliki pengaruh yang berbeda antara penyerapan air dan penyerapan nutrisi oleh tanaman. Umumnya, larutan dingin meningkatkan penyerapan NO_3 dan produksi lapisan putih tipis pada akar (*thin-white roots*), tetapi menurunkan penyerapan air. Temperatur larutan nutrisi juga memiliki pengaruh pada proses fotosintesis [3, 8].

Konsumsi O_2 akan bertambah jika temperatur larutan nutrisi bertambah juga. Kondisi tersebut akan meningkatkan konsentrasi relatif CO_2 di sekitar akar jika aerasi akar tidak memadai. Konsentrasi oksigen dalam larutan nutrisi juga tergantung aktivitas tanaman, akan tinggi jika aktivitas fotosintesis meningkat [5]. Penurunan oksigen terlarut di bawah 3 atau 4 mg L^{-1} akan menghambat pertumbuhan akar dan menghasilkan perubahan warna coklat, yang dapat dianggap sebagai gejala pertama dari kekurangan oksigen [9]. *Bonachela dkk.* melakukan evaluasi terhadap larutan nutrisi yang kaya akan oksigen pada pertanian budi daya tanaman paprika dan melon, dan di bandingkan dengan pertanian yang larutan nutrisinya tidak banyak mengandung oksigen [10]. Gas Oksigen bertekanan dilarutkan dalam larutan nutrisi selama pengairan tanaman dengan *injector* gas dalam pipa irigasi. Suplay *potassium peroxide* sebagai penghasil oksigen bagi tanaman sayuran yang tumbuh pada substrat komersial dievaluasi seminggu sekali dalam budi daya paprika, melon, dan ketimun. Hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan *potassium peroxide* dengan konsentrasi 1 g L^{-1} merupakan fraksi terbaik untuk budi daya tanaman tanpa tanah. Penanganan dengan *potassium peroxide* meningkatkan produksi paprika dan melon berturut-turut 20% dan 15%.

B. Roadmap Penelitian

Penelitian ini dikembangkan dari hasil penelitian-penelitian sebelumnya yang mulai dilakukan pada tahun 2015 seperti bagan roadmap penelitian pada **Gambar 2**. *SmartHydroFarm System* merupakan hasil penelitian dalam mengembangkan platform untuk mengontrol dan memonitor parameter-parameter lingkungan yang dibutuhkan tanaman pada budidaya tanaman hidroponik kultur air. Parameter-parameter lingkungan yang dikontrol dan dimonitor adalah cahaya, air, suhu, CO_2 , oksigen, pH, dan nutrisi.

Pada penelitian ini, pengkondisian temperatur larutan nutrisi mengandalkan temperatur udara lingkungan dan penambahan udara ke larutan nutrisi menggunakan pompa udara. Hal ini menyebabkan temperatur larutan nutrisi tidak pernah sesuai dengan temperatur yang dipersyaratkan untuk tumbuh kembang tanaman hidroponik secara optimal. Penelitian ini merupakan penelitian kompetisi Hibah Bersaing yang dilakukan pada tahun 2015 dan 2016.

SitoMas merupakan hasil penelitian untuk mengembangkan perangkat yang mampu mengontrol dan memonitor temperature udara ruang perakaran pada pembenihan kentang secara aeroponik.

Pada pengembangan *SitoMas*, ruang perakaran pembenihan kentang dikondisikan dengan menggunakan sistem refrigerasi kompresi uap. Dengan pengaturan temperatur ruang perakaran tersebut diharapkan jumlah bibit kentang yang dihasilkan bertambah banyak dan memiliki kualitas yang baik. Penelitian ini merupakan penelitian kompetisi Riset Jawa Barat yang dilakukan pada tahun 2016 dan 2017.

III. METODE PENELITIAN

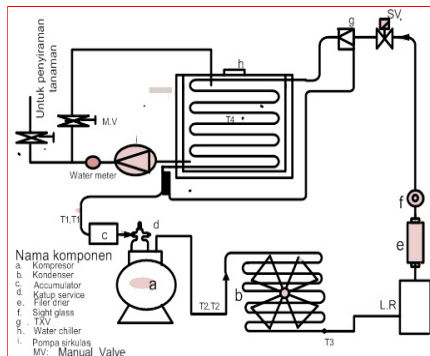
Penelitian yang diusulkan merupakan pengembangan dari *SmartHydroFarm System* yang sudah dikembangkan pada penelitian sebelumnya. Secara umum *SmartHydroFarm System* memiliki arsitektur seperti pada **Gambar 3**.

Untuk dapat mengkondisikan temperatur larutan nutrisi sistem hidroponik di atas pada temperatur antara 5°C - 15°C atau antara 15°C - 25°C , pada penelitian ini akan dikembangkan sistem refrigerasi kompresi uap. Larutan nutrisi yang akan dikondisikan sebanyak 40 liter dan di letakkan di dalam bak (*reservoir*) larutan nutrisi seperti diperlihatkan pada konfigurasi sistem **Gambar 4**. Pengaturan dan optimalisasi temperatur larutan nutrisi dikendalikan melalui aksi sensor temperatur air, mikrokontroler, dan driver sistem refrigerasi dengan menggunakan aksi pengontrolan ON/OFF berdasarkan nilai temperatur yang dikehendaki.

Perancangan dan penempatan bagian koil pendingin dari sistem refrigerasi kompresi uap di dalam bak penampung larutan nutrisi (*reservoir*) harus mencegah terjadinya kontak langsung dengan larutan nutrisi hidroponik. Koil pendingin sistem refrigerasi umumnya terbuat dari bahan tembaga atau aluminium, jika terjadi kontak langsung antara koil pendingin dan larutan nutrisi hidroponik maka akan terjadi reaksi kimiawi antara material pembuat koil pendingin dan larutan nutrisi yang akan menyebabkan perubahan komposisi larutan nutrisi tersebut.

B. Rancangan pemipaan sistem refrigerasi

Diagram pemipaan sistem refrigerasi kompresi uap yang akan digunakan untuk pengkondisian temperature larutan nutrisi seperti ditunjukkan pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Diagram pemipaan sistem refrigerasi

Sedangkan kapasitas kompresor yang digunakan adalah 0.25 PK. Pemilihan kapasitas kompresor disesuaikan dengan beban pendinginan, dan juga pertimbangan skala penggunaan sistem pendingin nutrisi hidroponik untuk skala rumah tangga.

C. Implementasi sistem refrigerasi

Dari hasil perancangan, pemilihan komponen sistem refrigerasi dan instalasi pemipaan, implementasi sistem refrigerasi seperti ditunjukkan pada **Gambar 8**.



Gambar 8. Implementasi sistem refrigerasi

D. Konstruksi coil pendingin

Coil pendingin/evaporator diletakkan di dalam reservoir, dan menggunakan tipe evaporator freezer evaporator. Konstruksi dan peletakan evaporator pada reservoir seperti ditunjukkan pada **Gambar 9**.



Gambar 9. Konstruksi dan peletakan evaporator

E. Integrasi sistem keseluruhan

Sedangkan integrasi sistem refrigerasi dengan kit hidroponik ditunjukkan pada **Gambar 10**.

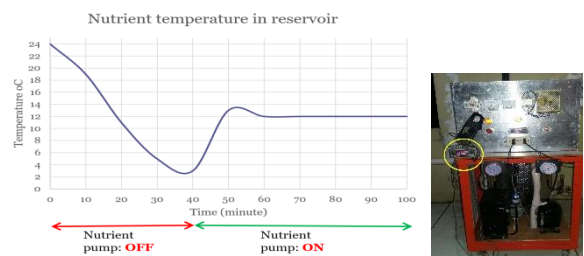


Gambar 10. Integrasi sistem refrigerasi & kit hidroponik

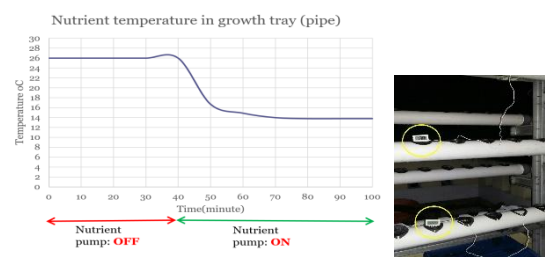
F. Pengujian fungsi dan kinerja sistem refrigerasi

Pengujian dilakukan untuk memvalidasi hasil rancangan dan menguji kinerja sistem pendingin nutrisi hidroponik yang dirancang. Pengujian dilakukan selama 100 menit pada suhu lingkungan 26°C.

Pengukuran dilakukan pada reservoir nutrisi dan pada tray pertumbuhan (pipa kit hidroponik) dalam kondisi pompa nutrisi dioperasikan dan tidak dioperasikan. Hasil pengujian seperti ditunjukkan pada **Gambar 11** dan **Gambar 12**.



Gambar 11. Trend temperature pada reservoir



Gambar 12. Trend temperature pada growth tray

Dari data pengujian seperti pada **Gambar 11**, temperature awal nutrisi pada reservoir adalah 24°C dan turun menjadi 3°C dengan dioperasikannya sistem refrigerasi selama 35 menit dan pompa nutrisi dalam kondisi OFF. Temperatur nutrisi pada growth tray

adalah 26°C seperti ditunjukkan pada **Gambar 12**. Pada menit ke-35 pompa nutrisi di *reservoir* dioperasikan, temperature nutrisi pada *reservoir* naik dan konstan pada temperature 12°C. Selanjutnya larutan nutrisi mengalir ke *growth tray* dengan temperature konstant pada 13.8°C

V. KESIMPULAN

Dari hasil kegiatan pengujian dan data hasil pengujian fungsi kerja sistem pendingin larutan nutrisi hidroponik yang sudah dikembangkan, terlihat bahwa sistem yang diimplementasikan berfungsi sesuai dengan rancangan. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa sistem refrigerasi mampu mengkondisikan temperature nutrisi dalam *reservoir* pada temperature 12°C, dan temperature nutrisi pada *growth tray* dalam rentang temperature antara 5°C – 15°C yaitu 13.8°C.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Kemenristek yang telah memberikan dana penelitian pada skema penelitian produk terapan tahun anggaran 2017.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Roh MS, Hong D. Inflorescence development and flowering of *Ornithogalum thyrsoides* hybrid as affected by temperature manipulation during bulb storage. *Sci. Hortic*, (2007), 113:60-69.
- [2] Affan, M. F.F, High temperature effects on root absorption in hydroponic system, Master thesis, Kochi University, (2004) pp 78.
- [3] Commeti., NN, Bremenkamp DM, Galon K; Hell LR; Zanotelli MF. Cooling and concentration of nutrient solution in hydroponic lettuce crop. *Horticultura Brasileira*, (2013), 31: 287-292.
- [4] Kuncoro, C. Bambang Dwi, dkk, *SmartHydroFarm: Platform Sistem Kontrol dan Monitoring untuk Budidaya Tanaman Hidroponik Kultur Air*, Laporan Tahunan Penelitian Hibah Bersaing. (2015). Polban.
- [5] Perry, L., Ph for The Garden. Florida: Soil Conservation Service. (2012), U.S. Department of Agriculture Handbook.
- [6] Alberta. Guide to commercial greenhouse sweet bell pepper production in Alberta. (2004). <http://www1.agric.gov.ab.ca/>
- [7] Hanlon, E.A., Soil pH and Electrical Conductivity: A County Extension Soil Laboratory Manual. University of Florida, IFAS Extensio. (2012).
- [8] Flynn, Robert., Introduction to Soil Salinity. New Mexico State University Gardening Advisor. (2010).
- [9] Calatayud, A., Gorbe, E., Roca D., & Martínez P. F., Effect of Two Nutrient Solution Temperatures on Nitrate Uptake, Nitrate Reductase Activity, NH₄⁺ Concentration and Chlorophyll a Fluorescence in Rose Plants. *Environmental and Experimental Botany*, Vol.64, No.1, (2008) .pp. 65-74, ISSN 0098-8472.
- [10] Bonachela, S.; Acuña, R. A.; Magan, J. J. & Malfa, O., Oxygen Enrichment of Nutrient Solution of Substrate-Grown Vegetable Crops under Mediterranean Greenhouse Conditions: Oxygen Content Dynamics and Crop Response. *Spanish Journal of Agricultural Research*, Vol.8, No.4, (2010).pp. 1231-1241, ISSN: 1695-971-X.