

# SISTEM OTOMASI HIDROPONIK NFT (NUTRIENT FILM TECHNIQUE) MENGUNAKAN SUMBER ENERGI ALTERNATIF

## *Automation System of NFT Hydroponics (Nutrient Film Technique) Using Alternative Energy Sources*

Muhammad Thifaldy Mufflih<sup>1</sup>, Gita Indah Hapsari, S.T., M.T.<sup>2</sup>, Marlindia Ike Sari, S.T., M.T.<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi D3 Teknologi Komputer, Universitas Telkom

<sup>1</sup>mthifaldy@student.telkomuniversity.ac.id, <sup>2</sup>gitaindahhapsari@tass.telkomuniversity.ac.id,

<sup>3</sup>ike@tass.telkomuniversity.ac.id

**Abstrak** : Kebutuhan nutrisi saat bercocok tanam dengan metode hidroponik harus selalu terjaga, baik dari kualitas air, suhu dan sirkulasi nutrisi, agar tanaman dapat tumbuh dengan baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keuntungan pada sistem otomasi hidroponik NFT mulai dari pengukuran kualitas nutrisi air hingga suhu pada suatu ruangan yang berbasis mikrokontroler arduino. Alat ini terdiri dari tiga subsistem yaitu sistem sensor, sistem pemrosesan, dan sistem komunikasi. Sistem sensor terdiri dari sensor kecepatan air (Waterflow) , pH sensor, TDS sensor dan DHT 22. Sistem pemrosesan merupakan sistem untuk memproses sinyal yang didapat dari sistem sensor dimana selanjutnya sistem komunikasi mentransmisikan informasi yang telah diolah sistem pemrosesan kepada display LCD. Sistem ini juga menggunakan sumber energi alternatif yang bertujuan untuk mengukur potensi energi surya sebagai energi terbarukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengujian keseluruhan pencampuran nutrisi menggunakan pompa dapat bekerja sesuai program, selanjutnya pada monitoring sensor debit air, sensor pH , sensor suhu dan kelembaban dapat membaca dengan baik. Sumber energi tenaga surya dapat menjadi solusi sebagai energi alternatif apabila sumber energi utama sedang dalam masalah.

**Kata Kunci:** Hidroponik NFT, Sistem Otomasi, Arduino, Energi Terbarukan, sensor waterflow, sensor pH, sensor TDS, sensor DHT 22

*Abstract* : Nutritional needs when planting with hydroponics methods should always be maintained, both from water quality, temperature and nutrient circulation, so that the plant can grow well. This research aims to know the advantages of the NFT hydroponic automation system from measuring water nutrient quality to a temperature in a room based on an Arduino microcontroller. This tool consists of three subsystems namely sensor systems, processing systems, and communication systems. The sensor system consists of a water velocity sensor (Waterflow), pH sensor, TDS sensor and DHT 22. The processing system is a system to process the signals obtained from the sensor system in which the communication system transmits information processed by the processing system to the LCD display. The system also uses an alternative energy source that aims to measure the potential of solar energy as renewable energy. The results showed that the overall testing of nutrient mixing using the pump can work according to the program, subsequent to the monitoring of water discharge sensors, pH sensors, temperature and humidity sensors can be read properly. Solar energy sources can be a solution as an alternative energy when the main energy source is in trouble.

**Keywords:** Hydroponic NFT, Automation System, Arduino, Renewable Energy, Waterflow sensor, pH sensor, TDS sensor, DHT22 sensor

### 1. Pendahuluan

Saat ini daerah perkotaan besar di Indonesia mulai kehilangan lahan sebagai media tanam. Hal ini dikarenakan banyak kota-kota yang mementingkan pembangunan gedung-gedung perkantoran. Permasalahan tersebut tidak menjadi masalah dengan ditemukannya hidroponik sebagai media tanam baru. Hidroponik yaitu pelaksanaan atau pengelolaan air yang dipakai sebagai media tumbuh tanaman serta sebagai tempat akar tanaman menyerap nutrisi yang dibutuhkan di mana budidaya tanamannya dikerjakan tanpa ada memakai tanah sebagai media tanamnya. Hidroponik memiliki banyak jenis, salah satu yang sering digunakan adalah hidroponik Nutrient Film Technique (NFT). Cara menanam hidroponik NFT

yaitu akar tanaman terendam pada cairan yang mengandung nutrisi dan air bersirkulasi selama 24 jam terus menerus. Hidroponik NFT dikategorikan sistem hidroponik tertutup. Pada hidroponik tertutup air bersirkulasi selama 24 jam terus menerus atau bisa juga diatur pada waktu tertentu dengan pengatur waktu.

Pada hidroponik NFT air yang ada di bak penampungan harus dikontrol setiap saat agar tetap bersirkulasi dengan baik. Selain harus mengontrol kondisi air, juga harus dilakukan kontrol terhadap kondisi nutrisi yang digunakan. Tentu hal ini menjadi permasalahan apabila hidroponik NFT tidak memiliki sistem untuk melakukan kontrol maupun monitoring. Sehingga orang yang ingin melakukan cocok tanam dengan hidroponik NFT ini tidak dapat

mengetahui kondisi hidroponik NFT secara realtime. pH ideal pada sayuran secara umum antara 5.5 - 6.5. Suhu normal sayuran berada di antara 27 - 30 Celcius pada siang hari dan 21 - 24 Celcius pada malam hari. Setiap tanaman membutuhkan ppm dan pH yang berbeda-beda, agar bisa tumbuh maksimal, pemberian nutrisi juga harus tepat.

Tabel 1.1 Tabel pH dan PPM untuk Sayuran Hidroponik NFT

No.	Nama Sayuran	pH	PPM
1	Selada	6.0- 7.0	560 - 840
2	Bayam Merah	6.0- 7.0	1260 - 1610
3	Bayam Hijau	6.0- 7.0	1260 - 1610
4	Sawi	6.0- 6.5	840 - 1680
5	Seledri	6.5	1260 - 1680
6	Kailan	5.5- 6.5	1050 - 1400
7	Kangkung	5.5- 6.5	1050 - 1400
8	Pakchoy	7.0	1050 - 1400
9	Kemangi	5.5- 6.5	700 - 1120

Pada Tabel 1.1 ini akan ada batas bawah dan batas atas ppm, artinya adalah pemberiannya berdasarkan umur tanaman, bisa bertahap dinaikkan secara sedikit demi sedikit atau dari batas bawah langsung ke batas atas ppm. Angka yang terdapat pada Tabel 1.1 adalah nilai pH yang dibutuhkan agar penyerapan akar terhadap nutrisi hidroponik bisa maksimal. Apabila angka pH yang anda dapatkan di atas dari yang ada ditabel, maka anda perlu menurunkannya.

Dalam proyek akhir ini akan dibuat sistem otomatis hidroponik NFT terpantau yang dapat dimonitoring serta dapat dikontrol terhadap kondisi suhu, kondisi nutrisi, kondisi pH, dan debit air yang mengalir. Merancang sistem PLTS untuk mencegah terjadinya mati listrik maka akan dibuatkan sumber energi cadangan. Apabila terjadi mati listrik sistem hidroponik NFT akan tetap bekerja selama 24 jam terus menerus tanpa ada gangguan.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1. Dasar Teori

Pembuatan hidroponik sistem NFT otomatis dilakukan menggunakan Arduino Uno sebagai papan mikrokontrolernya, modul relay 4 buah, pompa peristaltik 6 V sebanyak 2 buah, solenoid valve 240 V AC 2 buah, 2 buah sensor yakni sensor ultrasonik HC-SR04 dan Analog PH meter[1].

### 2.2. Arduino IDE

Perangkat lunak Arduino (IDE) sebuah perangkat lunak open-source yang memudahkan untuk menulis kode dan mengunggahnya ke board. Perangkat lunak ini berjalan pada Windows, Mac OS X, dan Linux.

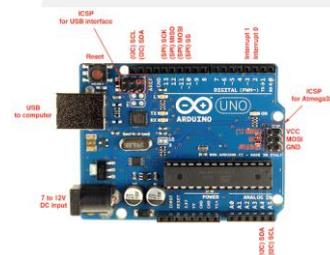


Gambar 2.1 Arduino IDE

Perangkat lunak ini dapat digunakan dengan board Arduino apa pun[2].

### 2.3. Arduino Uno

Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328. Memiliki 14 pin input dari output digital dimana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai output PWM dan

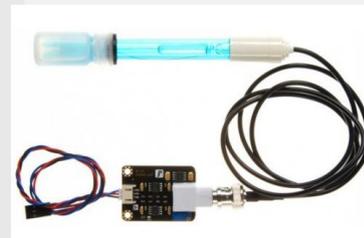


Gambar 2.2 Arduino Uno

6 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset[3].

### 2.4. Sensor pH

Sensor pH meter dapat mendeteksi kandungan asam dan basa pada larutan air. Memiliki LED yang bekerja sebagai indikator, BNC konektor dan PH2.0 antarmuka sensor.



Gambar 2.3 Sensor pH

Untuk menggunakannya, cukup menghubungkan sensor pH dengan konektor BNC, dan pasang antarmuka PH2.0 ke port input analog dari controller arduino[4].

## 2.5. Sensor TDS

Total Dissolved Solid (TDS) yaitu besaran zat terlarut yang terdapat pada larutan. TDS menggambarkan besaran zat terlarut dalam part per million (ppm) atau sama dengan milligram per liter (mg/L). Kandungan TDS yang



Gambar 2.4 Sensor TDS

berbahaya adalah pestisida yang timbul dari aliran permukaan. Beberapa padatan total terlarut alami berasal dari pelapukan dan pelarutan batu dan tanah[5].

## 2.6. Sensor Waterflow

Sensor Waterflow terdiri dari bahan plastik, rotor air dan sensor hall effect. Ketika air mengalir menuju rotor, maka rotor akan berputar sesuai dengan kecepatan aliran air yang mengalir melalui rotor tersebut. Prinsip kerja dari sensor ini adalah dengan memanfaatkan sensor hall effect. Ini didasarkan

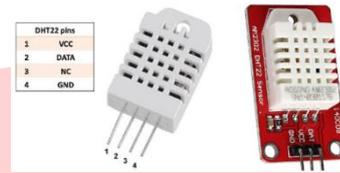


Gambar 2.5 Sensor Waterflow

pada efek medan magnetik terhadap partikel bermuatan yang bergerak, ketika ada arus listrik yang mengalir pada hall effect yang ditempatkan dalam medan magnet yang arahnya tegak lurus terhadap arus listrik, pergerakan pembawa muatan akan berbelok ke salah satu sisi dan menghasilkan medan listrik. Medan listrik terus membesar hingga gaya Lorentz yang bekerja pada partikel menjadi nol. Perbedaan potensial antara kedua sisi device tersebut disebut potential Hall. Potensial Hall ini sebanding dengan medan magnet dan arus listrik yang melalui device[6].

## 2.7. Sensor DHT22

DHT22 merupakan sensor pengukur suhu dan kelembaban relatif dengan keluaran berupa sinyal digital serta memiliki 4 pin yang terdiri dari power supply, data signal, null, dan ground. DHT22 memiliki akurasi yang lebih baik



Gambar 2.6 Sensor DHT22

daripada DHT11 dengan galat relatif pengukuran suhu 4% dan kelembaban 18%[7].

## 2.8. Panel Surya

Panel Surya adalah alat konversi energi surya menjadi energi listrik. Untuk memanfaatkan



Gambar 2.7 Panel Surya

potensi energi surya ada dua macam teknologi yang sudah diterapkan, yaitu energi surya fotovoltaik dan energi surya termal[8].

## 2.9. LCD 16X2 dan Module i2c

LCD (Liquid Crystal Display) merupakan perangkat elektronika yang telah terkonfigurasi



Gambar 2.8 LCD dan i2c

dengan kristal cair dalam gelas plastik atau kaca sehingga mampu memberikan tampilan berupa titik, garis, simbol, huruf, angka ataupun gambar[9].

## 2.10. Pompa Air

Pompa air adalah alat mesin yang digunakan untuk menaikkan air dari dataran rendah ke



Gambar 2.9 Pompa Air

dataran tinggi atau untuk mengalirkan air dari

daerah bertekanan rendah ke daerah yang bertekanan tinggi dan juga sebagai penguat laju aliran pada suatu sistem jaringan perpipaan[10].

### 2.11. Inverter

Inverter merupakan alat yang digunakan untuk mengubah tegangan searah menjadi tegangan bolak-balik dan frekuensinya dapat diatur.



Gambar 2. 10 Inverter

Inverter ini sendiri terdiri dari beberapa sirkuit penting yaitu sirkuit converter (yang berfungsi untuk mengubah daya komersial menjadi dc serta menghilangkan ripple yang terjadi pada arus ini) serta sirkuit inverter (yang berfungsi untuk mengubah arus searah menjadi bolak-balik dengan frekuensi yang dapat diatur)[11].

### 2.12. Keypad 3X4

Keypad adalah perangkat elektronika yang membutuhkan interaksi manusia. Keypad berfungsi sebagai interface antara perangkat



Gambar 2.12 Keypad 3X4

## 3. Analisis dan Perancangan Sistem

### 3.1. Gambaran Sistem Saat Ini

Sistem otomasi hidroponik nft saat ini dilakukan dengan cara mensirkulasi larutan nutrisi ke talang hidroponik menggunakan energi listrik dari PLN secara terus menerus selama 24 jam. Sistem ini sangat bergantung pada aliran listrik PLN, sehingga apabila terjadi pemadaman listrik maka sistem tidak dapat berjalan dan dapat mengakibatkan tanaman hidroponik mati karena tidak mendapatkan nutrisi.

### 3.2. Analisis Kebutuhan Sistem

Bedasarkan sistem yang akan dibuat dalam Proyek Akhir ini, maka dibutuhkan beberapa alat bedasarkan fungsionalitas dan non-fungsionalitas, yaitu:

(mesin) elektronik dengan manusia. keypad matriks adalah tombol-tombol yang disusun secara matriks (baris x kolom) sehingga dapat mengurangi penggunaan pin input[12].

### 2.13. Baterai

Baterai adalah obyek kimia penyimpan arus listrik. Energi listrik dalam baterai digunakan



Gambar 2.13 Baterai

pada malam hari dan hari mendung, karena intensitas sinar matahari bervariasi sepanjang hari, baterai memberikan energi yang konstan.

### 2.14. Solar Charge Controller

Solar charge controller merupakan otak pengaturan sistem charging dari solar cell yang didesain multi fungsi. Charger bisa difungsikan



Gambar 2. 11 Solar Charge Controller

sistem normal atau auto load. Pada posisi normal tegangan keluaran load tetap bekerja walaupun pada saat pengisian dari solar cell maupun tanpa pengisian. Posisi auto load tegangan keluaran load tidak akan bekerja selama tegangan/arus dari solar cell mengisi baterai.

#### 1. Kebutuhan Fungsionalitas

- Menerima cahaya matahari
- Menentukan titik lokasi penempatan panel surya

#### 2. Kebutuhan Non-Fungsionalitas

- Perangkat keras pada sistem yang akan dirancang terdiri dari:
  - 1)Arduino Mega
  - 2)Sensor pH
  - 3)Sensor TDS
  - 4)Sensor Waterflow
  - 5)Sensor DHT22
  - 6)Panel Surya
  - 7)Pompa Air
  - 8)LCD module i2c
  - 9)Inverter

10) Keypad 3X4

b. Perangkat lunak pada sistem yang akan dirancang terdiri dari:

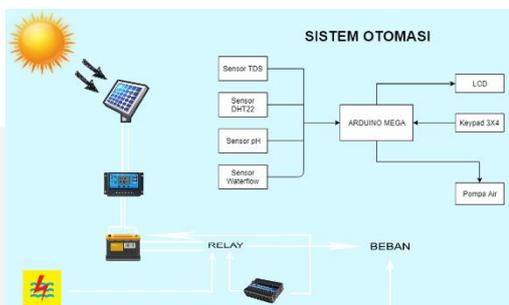
1) Arduino IDE

### 3.3. Gambaran Sistem Usulan

Perancangan sistem otomatis hidroponik NFT terdiri dari beberapa komponen elektronik yang memerlukan supply daya AC maupun DC. Otomatisasi hidroponik ini terdapat beberapa bagian sistem didalamnya, yaitu : Sistem penyaluran nutrisi, sistem monitoring, dan sistem energi alternatif. Dalam sistem penyaluran yang terdiri dari dua buah relay 5V untuk disambungkan pada komponen pompa yang telah terhubung pada tegangan AC. Pompa penyaluran berfungsi untuk menyalurkan campuran nutrisi pada talang hidroponik yang nantinya disirkulasikan kembali pada bak penampung. Selanjutnya sistem monitoring

terdapat empat buah sensor yang berbeda, yaitu: sensor debit air, sensor TDS, sensor pH, dan sensor DHT22(suhu dan kelembaban) yang masing masing sensor membutuhkan daya 5V di supply langsung dari arduino. Sedangkan pada bagian sistem energi alternatif berfungsi sebagai energi cadangan apabila sumber energi utama padam.

Pada Gambar 3.2 menunjukkan sumber energi matahari yang didapatkan panel surya akan menghasilkan listrik dengan menggunakan sistem fotovoltaik. Fotovoltaik adalah metode untuk merubah energi matahari menjadi energi listrik. Panel surya mendistribusikan energi listrik ke sistem otomatis hidroponik untuk menggerakkan sensor dan menjalankan sirkulasi larutan nutrisi ke tiap talang hidroponik secara terus menerus.



Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem Usulan

## 4. Implementasi dan Pengujian

### 4.1. Implementasi

#### 4.1.1. Prototipe Talang Hidroponik

Pada talang hidroponik bahan yang diperlukan adalah pipa paralon 2½ inci berukuran 1 meter sebanyak 4 buah, pipa paralon ¾ inci berukuran 4 meter sebanyak 3 buah yang dipotong-potong



Gambar 4.1 Prototipe Hidroponik NFT

sesuai dengan kebutuhan pembuatan kaki-kaki talang hidroponik, dop 2½ inci sebanyak 8 buah untuk menutup pipa lalu dilubangi supaya air dapat masuk melalui dop menggunakan sok drat luar dan sok drat dalam. Berikut adalah

prototipe talang yang dibuat pada Gambar 4.1.

#### 4.1.2. Prototipe Sistem Otomasi

Pembuatan sistem otomatis menggunakan box sebagai pelindung dari setiap sensor. Arduino mega, sensor pH, sensor TDS, DHT22, LCD 16X2,



Gambar 4.2 Prototipe Sistem Otomasi

modul i2c, water flow, relay 1 channel 5v dan pompa air DC 12v dihubungkan sesuai dengan pin yang akan digunakan. Gambar 4.2 merupakan sistem otomatis yang dibuat sesuai dengan rancangan skematik.

## 4.2. Pengujian

### 4.2.1. Pengujian Sensor pH

Pengujian sensor pH dilakukan dengan air 250 ml yang sudah dicampur dengan nutrisi AB mix. Tujuan dilakukan pengujian pada sensor pH adalah untuk mengukur kadar pH yaitu kadar asam atau basa pada suatu air terlarut dengan sistem kontrol yang tepat sasaran.

Hasil pengujian sensor pH menjelaskan bahwa rata-rata selisih pengukuran antara sensor pH analog dengan kertas pH lakmus sebesar  $\pm 0,3$  pH.

### 4.2.2. Pengujian Sensor DHT22

Pengujian pada sensor DHT22 dilakukan di ruangan tertutup untuk mengetahui sensor DHT22 sudah tepat mendeteksi suhu secara akurat. Tujuan dari pengujian sensor suhu dan kelembapan adalah untuk mengukur suhu dan kelembapan udara di sekitar talang hidroponik, agar kita dapat mengetahui keadaan suhu yang didapat pada tanaman. Pengujian kali ini dilakukan pada ruangan tertutup menggunakan AC yang sudah diatur suhunya di  $25^{\circ}\text{C}$ .

Hasil pengujian dilakukan untuk memastikan pembacaan sensor DHT22 dapat bekerja secara baik dengan tingkat akurasi  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

### 4.2.3. Pengujian Sensor TDS

Pengujian sensor TDS dilakukan dengan air Le Minerale yang sudah dipindahkan ke gelas 250 ml. Tujuan dari pengujian sensor TDS adalah untuk mengukur partikel padatan terlarut pada larutan nutrisi.

Hasil dari pengujian yang telah dilakukan sebanyak 10 kali dengan waktu yang berbeda. Tingkat keakuratan dari pengujian sensor TDS sebesar  $\pm 3\%$ .

### 4.2.4. Pengujian Pompa Air dan Relay

Pengujian pompa air dilakukan dengan output DC 12V dan menggunakan relay sebagai saklar untuk dapat diatur pada arduino. Tujuan pengujian pompa air adalah untuk menyerap sekaligus mendorong air yang terdapat pada tangki larutan nutrisi sehingga dapat bersirkulasi pada talang hidroponik.

### 4.2.5. Pengujian Sensor Waterflow

Pengujian sensor water flow dilakukan dengan cara mengalirkan air sebanyak 1,5 liter pada sensor water flow. Tujuan dari pengujian sensor water flow adalah untuk menghitung debit air yang mengalir, dimana terjadi pergerakan motor yang akan dikonversi kedalam

nilai satuan liter dan total dengan satuan liter.

Hasil perhitungan waktu dari jumlah total air dan total debit air untuk mengisi kembali botol air 1,5 liter hanya memerlukan waktu selama 22 detik.

### 4.2.6. Pengujian Panel Surya

Pengujian panel surya dilakukan dengan menempatkan panel surya di tempat yang banyak mendapatkan sinar matahari. Pada pengujian ini panel surya akan diukur tegangan outputnya yang dapat dilihat dari solar charge controller dan memastikan panel surya dapat berfungsi dengan baik. Daya yang dapat dihasilkan oleh panel surya dengan kapasitas 10 wp diasumsikan 45 Wh perhari, untuk mengisi baterai dengan kapasitas 60 Wh dibutuhkan waktu selama 2 hari saat keadaan sinar matahari mengalami puncaknya. Sistem otomatisasi hidroponik NFT memerlukan daya sebanyak 16.2 W, maka sumber energi alternatif ini hanya dapat digunakan selama  $\pm 3$  jam 30 menit.

### 4.2.7. Pengujian Telegram Bot

pengujian pada sistem yang akan dilakukan dengan cara mengimplementasikan langsung pada proses penanaman hidroponik. Pengujian sistem otomatisasi dilakukan setelah tahap pengujian pada sensor lainnya. Tujuan dari pengujian ini adalah mengukur tingkat efektifitas dari serangkaian PLTS dan sensor yang terintegrasi. Pengujian ini meliputi pengujian sensor pH, pengujian sensor TDS, pengujian sensor suhu, pengujian sensor water flow, dan relay pada pompa air, pengujian sumber energi alternatif.

Setelah tanaman disemai terlebih dahulu, lama pelaksanaan pengujian selama 30 hari dalam waktu yang berbeda yaitu pagi dan sore. Rentang waktu tersebut, mengalami perubahan pada sinar matahari, suhu, pH, dan TDS yang dapat mengancam kelangsungan hidup tanaman. Tujuan skenario pengujian ini adalah membuktikan perancangan sistem telah berjalan dengan baik, sehingga dapat mengetahui hasil dari tujuan pembuatan sistem telah tercapai.

## 5. Kesimpulan

### 5.1. Kesimpulan

1. Suhu rata-rata di sekitar hidroponik NFT berkisar  $27.60^{\circ}\text{C}$  –  $30.10^{\circ}\text{C}$ . Berdasarkan pengutipan teori dari daftar pustaka, suhu ideal pada suatu tanaman berkisar  $18^{\circ}\text{C}$  –  $25^{\circ}\text{C}$ . Suhu rata-rata pada lokasi penelitian tidak optimal, sehingga dapat menghambat proses pertumbuhan tanaman.
2. Kadar pH pada nutrisi rata-rata 6,18 pH, kadar tersebut bersifat baik untuk pertumbuhan tanaman.
3. Kadar TDS penelitian ini rata-rata 1037 ppm, kadar tersebut hanya cocok pada beberapa jenis sayuran tertentu.
4. Sistem otomasi hidroponik NFT dapat meningkatkan efisiensi produktivitas tanaman sebesar 2,5%. Peningkatan tersebut dapat menguntungkan dari segi waktu dan biaya.

### 5.2. Saran

Sistem ini perlu beberapa penyempurnaan yang dapat dikembangkan untuk penelitian sistem otomasi hidroponik, antara lain :

- Menambahkan sistem otomasi hidroponik berbasis IOT, sehingga dapat mempermudah proses monitoring dengan jarak jauh.
- Pompa mini DC 5V untuk mempermudah proses pencampuran nutrisi A dan nutrisi B.
- Penambahan fungsi penyiraman cairan pestisida pada tanaman dengan waktu yang dapat ditentukan.
- Apabila hidroponik berada di area luar, akan lebih baik jika diberi atap yang dilapisi plastik UV supaya dapat melindungi tanaman dari sinar ultra violet yang berlebih.

## 6. Referensi

- [1] G. Pamungkas, A. Z. Purwalaksana, M. Djamal, N. S. Amina, and L. Elektronika, "Rancang Bangun Hidroponik Sistem Nutrient Film Technique Otomatis Berbasis Arduino," Pros. Snips 2017, pp. 45–51, 2017.
- [2] Arduino, "Arduino - Software," 2019. [Online]. Available: <https://www.arduino.cc/en/main/software>. [Accessed: 25-Mar-2019].
- [3] H. F. Nugraha, S. T. Rusmana, and I. Puspasari, "Pengatur Air dan Nutrisi secara Otomatis pada Tanaman Hidroponik Berbasis Arduino," J. Control Netw. Syst., vol. 6, no. 2, pp. 61–70, 2017.
- [4] P. L. Romadloni, "RANCANG BANGUN SISTEM OTOMASI HIDROPONIK NFT ( NUTRIENT FILM TECHNIQUE ) UBIVERSITAS TELKOM SYSTEM DESIGN AUTOMATION HYDROPONICS NFT ( NUTRIENT FILM TECHNIQUE ) Hidroponik berasal dari bahasa Yunani , Hydroponic . Dibagi menjadi dua suku kata , hydro yang," e-Proceeding Appl. Sci., vol. 1, no. 1, pp. 75–84, 2015.
- [5] A. Khusaeri and M. Rivai, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Total Dissolved Solid Berbasis Mikrokontroler," pp. 1–6.
- [6] Sutono, "Monitoring Distribusi Air Bersih," J. Ilm. SETRUM, vol. 5, no. 1, 2016.
- [7] H. Izzatul Islam et al., "Sistem Kendali Suhu Dan Pemantauan Kelembaban Udara Ruangan Berbasis Arduino Uno Dengan Menggunakan Sensor Dht22 Dan Passive Infrared (Pir)," vol. V, no. Lcd, pp. SNF2016-CIP-119-SNF2016-CIP-124, 2017.
- [8] A. Julisman, I. D. Sara, and R. H. Siregar, "Prototipe Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomasi Atap Stadion Bola," Jur. Tek. Elektro dan Komputer, Fak. Tek. Univ. Syiah Kuala, vol. 2, no. 1, pp. 35–42, 2017.
- [9] A. Fitriandi, E. Komalasari, and H. Gusmedi, "Rancang Bangun Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Mikrokontroler dengan SMS Gateway," Rekayasa dan Teknol. Elektro, vol. 10, no. 2, pp. 87–98, 2016.
- [10] M. Irwansyah, D. Istardi, and N. Batam, "Pompa Air Aquarium Menggunakan Solar Panel," vol. 5, no. 1, pp. 85–90, 2013.
- [11] B. Syukur, "SISTEM PENGENDALI BEBAN ARUS LISTRIK BERBASIS ARDUINO," no. 6, pp. 67–72, 2017.