

KENDALI NUTRISI DAN PENCAHAYAAN UNTUK MENUMBUHKAN TANAMAN HIDROPONIK BERBASIS IOT

Wilson Sinai, Indar Sugiarto, Resmana Lim

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra

Jl.Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236, Indonesia

E-mail : wilsonsinai@gmail.com ; indi@petra.ac.id ; resmana@petra.ac.id

Abstrak – Menanam dengan metode hidroponik masih dilakukan dengan cara manual. Penelitian ini bertujuan untuk mendesain sistem otomatis pada hidroponik untuk memudahkan dalam pemberian nutrisi dan cahaya pada tanaman yang dapat dikendalikan menggunakan *smartphone*.

Sistem yang dibuat terdiri dari perangkat keras dan program. Didalam sistem terdapat lima sensor yaitu sensor ultrasonik, TDS, pH, LDR dan DHT22 yang masing-masing memiliki peranan tersendiri. Seluruh sensor dan aktuator dikontrol menggunakan Arduino Uno.

Berdasarkan hasil pengujian sistem yang telah dilakukan, sistem dapat mengontrol nutrisi dan pencahayaan dengan baik dan waktu yang dibutuhkan sensor untuk dapat membaca data yang mendekati nilai *setpoint* adalah 2-3 hari. *Fan* difungsikan untuk sirkulasi udara dalam ruangan. Hasil pembacaan sensor dapat dimonitor dengan mudah dengan menggunakan aplikasi pada *smartphone*.

Kata Kunci – SuperChart, Arduino Uno, kontrol nutrisi, hidroponik NFT.

I. PENDAHULUAN

Hidroponik menjadi sebuah alternatif bagi masyarakat yang memiliki hobi berkebun namun tidak memiliki lahan. Hidroponik merupakan aktivitas pertanian yang dijalankan dengan menggunakan air sebagai medium untuk menggantikan peranan tanah [1]. Cara hidroponik ini perlu perawatan dan pemantauan yang lebih dibandingkan dengan bercocok tanam konvensional (yang menggunakan media tanah) sehingga pemilik harus memberikan perhatian lebih kepada tanamannya. Saat ini pengontrolan nutrisi, suhu air, volume air, suhu lingkungan, pH, dan kelembaban udara untuk sistem hidroponik masih dilakukan secara manual sehingga memakan banyak waktu dan tenaga. Salah satu alternatif teknik pengendalian diusulkan oleh Taufanapri Maha Putra Dyka dari STIKOM Surabaya dalam penelitian dengan judul “Pengendalian pH dan EC Pada Larutan Nutrisi Hidroponik Tomat Ceri”. Penelitian dia hanya sebatas pembuatan *hardware* saja [2]. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh “Yuga Hadfridar Putra dkk” dari Universitas Tanjungpura yang berjudul “Sistem Pemantauan dan Pengendalian Nutrisi, Suhu, dan Tinggi Air pada Pertanian Hidroponik Berbasis Website”, memiliki kekurangan dalam hal pengendalian pH air dan juga tidak dapat dikendalikan dari aplikasi *mobile* [3]. Dari sini muncul ide untuk membuat sistem yang dapat

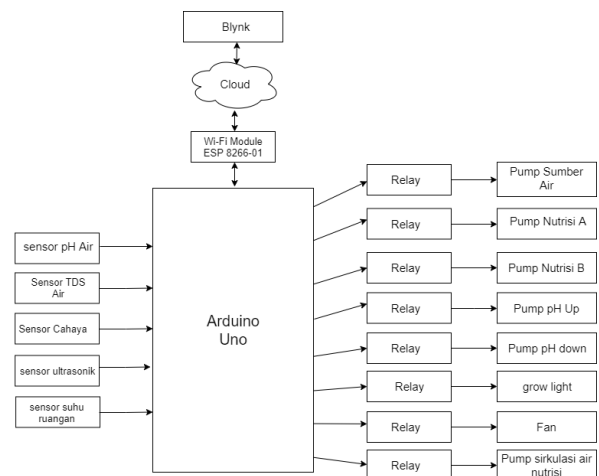
mengendalikan nutrisi, pH air, volume air dan pencahayaan yang dapat dikendalikan langsung melalui aplikasi *smartphone*.

II. PERENCANAAN SISTEM

Dalam bercocok tanam menggunakan metode hidroponik di dalam ruangan ada beberapa hal yang perlu diberi perhatian lebih, salah satunya adalah ppm nutrisi, pH air, dan intensitas cahaya yang diterima oleh tanaman. Pada bab ini akan dijelaskan mengenai cara kerja sistem secara keseluruhan dan *casing* tanaman hidroponik NFT.

A. Cara Kerja Sistem

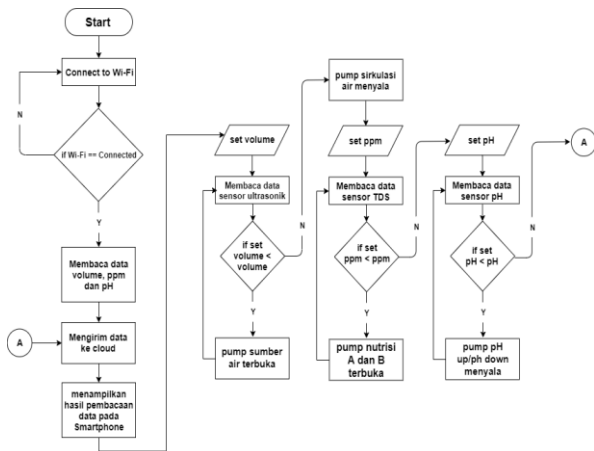
Gambar 1 merupakan bagian-bagian yang menyusun sistem hidroponik dalam penelitian ini.



Gambar 1. Diagram blok sistem

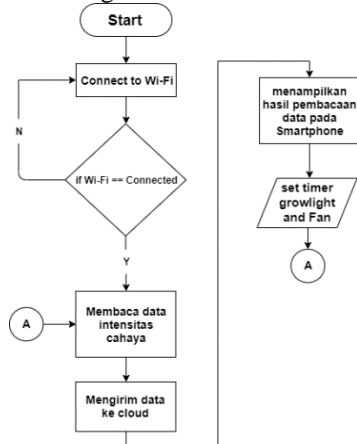
Sistem yang dibuat akan bekerja saat sensor ultrasonik mengetahui bahwa air di dalam wadah penampung air yang akan dicampur oleh cairan nutrisi sudah sesuai dengan yang ditentukan oleh pengguna. Jika belum maka *pump* sumber air akan menyala untuk mengisi wadah hingga sesuai dengan yang ditentukan oleh pengguna. Kemudian setelah air dalam tandon penampung terisi maka *pump* sirkulasi air nutrisi akan menyala. Kemudian pengguna menentukan ppm nutrisi yang akan diberikan. Setelah itu sensor TDS air akan mengukur apakah ppm nutrisi sudah sesuai dengan yang ditentukan oleh pengguna. Jika belum maka *pump* cairan nutrisi A dan B akan menyala. Kemudian sensor akan mengecek lagi apakah ppm nutrisi sudah sesuai. Selanjutnya pengguna menentukan pH air yang dibutuhkan. Setelah pengguna menentukan pH air maka sensor pH akan

mengukur pH air pada larutan nutrisi. Jika pH air kurang dari ketentuan maka *pump pH up* akan menyala dan jika pH air lebih dari ketentuan maka *pump pH down* akan menyala (*pump pH down* akan terbuka jika pH melebihi angka 7). Kemudian jika sudah memenuhi ketentuan maka proses kendali nutrisi sudah selesai. Gambar 2 menunjukkan *flowchart* proses kendali nutrisi.



Gambar 2. *Flowchart* pengendalian nutrisi dan pH air

Proses kendali pencahayaan menggunakan *timer* untuk menentukan seberapa lama *grow light* dan *fan* akan menyala. Disarankan untuk menentukan *timer* tidak lebih dari 10 jam karena tidak semua tanaman dapat menerima paparan cahaya lebih dari waktu tersebut [4]. Setelah itu sensor cahaya akan membaca seberapa besar intensitas cahaya yang diterima oleh tanaman kemudian hasil pembacaan akan dikirim menuju *cloud* untuk kemudian ditampilkan pada aplikasi *smartphone*. Fungsi *fan* pada sistem ini adalah sebagai sirkulasi udara dalam ruangan.



Gambar 3. *Flowchart* pengendalian pencahayaan dan suhu ruangan

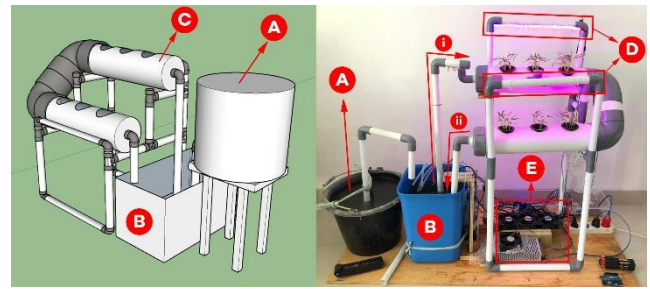
B. Desain Casing Tanaman Hidroponik NFT

Casing sistem tanaman hidroponik NFT memiliki dimensi 27x37x67 (dalam cm) dan jarak antar lubang pot tanaman adalah 5cm. Bahan dasar yang digunakan adalah pipa PVC. Pipa ukuran 1/2 inch digunakan sebagai kerangka dan ukuran 3 inch digunakan sebagai tempat pot tanaman. Terdapat 2 penampung air yang masing-masing berguna untuk menampung air campuran nutrisi dan air bersih.

Tabel 1. Keterangan label pada gambar

Label	Keterangan
A	Tandon sumber air
B	Tandon air campuran nutrisi
C	Tempat untuk meletakkan tanaman dan sirkulasi air

D	Lampu <i>grow light</i>
E	Alat-alat elektronika (sensor dan aktuator)
(i) & (ii)	Arah sirkulasi air nutrisi

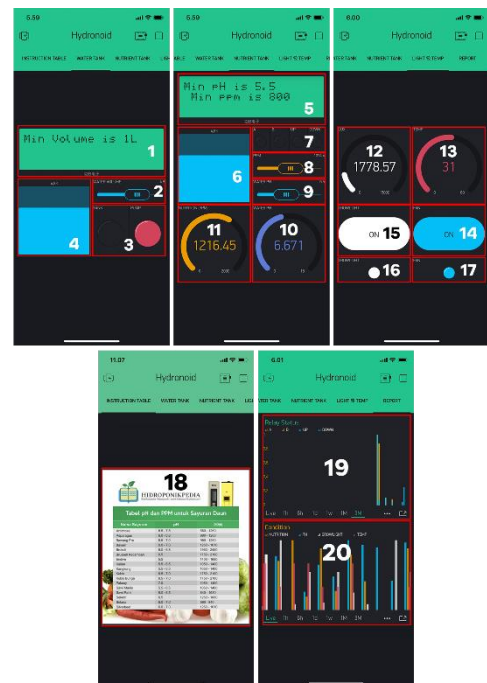


Gambar 4. Model casing sistem tanaman hidroponik NFT

C. Desain UI/X Blynk

Untuk penelitian ini, penulis menggunakan cukup banyak *widget* pada Blynk sehingga menghabiskan *power* sebanyak 5600 *power*. Penulis menggunakan divais berbasis iOS dalam penelitian ini. Penulis menggunakan *Tabs* untuk memisahkan setiap kendali.

Penulis menggunakan *Tabs* untuk memisahkan setiap kendali. *Tabs* pertama berupa *Instruction Table* yang berisi ketentuan pemberian ppm dan kondisi pH untuk setiap tanaman. *Tabs* kedua berfungsi untuk menentukan volum air yang akan dicampurkan cairan nutrisi. *Tabs* ketiga berfungsi untuk kendali nutrisi dan pH. *Tabs* keempat berfungsi untuk kendali cahaya dan *fan*. *Tabs* kelima berfungsi untuk menampilkan keadaan nutrisi, pH, intensitas cahaya dan suhu ruangan serta menampilkan setiap pemberian nutrisi dan pH yang terjadi.



Gambar 5. Tampilan pada aplikasi *smartphone*

Tabel 2. Penjelasan fungsi pada aplikasi *smartphone*

No.	Widget	Fungsi
1	LCD 1	Instruksi untuk menentukan <i>setpoint</i> minimal volume air
2	Slider (volume)	Untuk menentukan <i>setpoint</i> air (dalam satuan liter)

3	LED 1	Untuk menunjukkan on / off Relay pump sumber air dan pump sirkulasi air
4	Level V (Water Level)	Menampilkan seberapa besar volume air yang ada di dalam wadah
5	LCD 2	Instruksi untuk menentukan setpoint minimal ppm dan pH
6	Level V (Water Level)	Menampilkan seberapa besar volume air yang ada di dalam wadah
7	LED 2	Untuk menunjukkan on / off Relay pump Nutrisi A, Nutrisi B, pH up dan pH down
8	Slider (PPM)	Untuk menentukan setpoint nutrisi yang akan diberikan
9	Slider (pH)	Untuk menentukan setpoint pH
10	Gauge (pH)	Menampilkan hasil pengukuran dari sensor pH Air
11	Gauge (PPM)	Menampilkan hasil pengukuran dari sensor TDS Air
12	Gauge (Lux)	Menampilkan intensitas cahaya sekitar
13	Gauge (Temp.)	Menampilkan keadaan suhu sekitar
14	Timer	Untuk menentukan waktu on / off growlight dan fan
15	Instruction Table	Sebagai tabel acuan untuk menentukan setpoint
16	Relay Chart	Untuk menunjukkan kapan pemberian nutrisi dan penetralan pH terjadi
17	SuperChart	Untuk menunjukkan kondisi ppm, pH, intensitas cahaya dan suhu setiap harinya

III. PENGUJIAN SISTEM

Dilakukan pengujian pada sistem yaitu meliputi pengujian pembacaan data sensor, pengujian keseluruhan sistem, dan perbandingan antara hidroponik NFT manual dan sistem otomatis.

A. Pembacaan Data Sensor

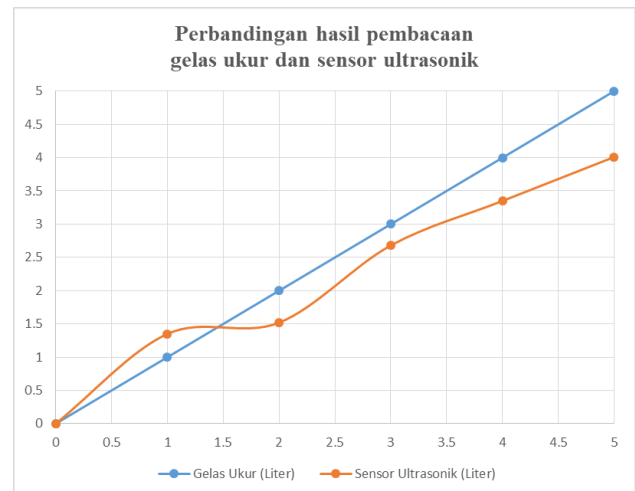
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah sensor sudah bekerja dengan semestinya sesuai program yang telah dibuat. Pengujian sensor dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sensor dengan hasil pengukuran menggunakan alat ukur yang ada. Dari hasil perbandingan tersebut akan ditemukan korelasinya untuk mengetahui seberapa kuat hubungan antara alat ukur dan hasil pembacaan sensor.

1. Pembacaan Data Sensor Ultrasonik

Pengujian sensor dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan dari sensor ultrasonik dengan gelas ukur. Hasil pengukuran pada Tabel 3 merupakan hasil perhitungan dari 5 kali pengukuran.

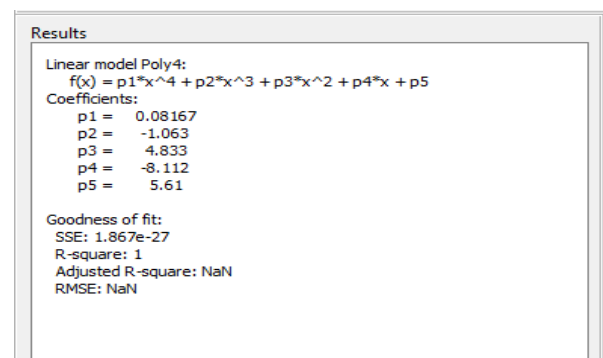
Tabel 3. Hasil pengukuran data sensor ultrasonik

Gelas Ukur (Liter)	Pengukuran dengan sensor Ultrasonik (Liter)
1	1.35
2	1.52
3	2.68
4	3.35
5	4.01

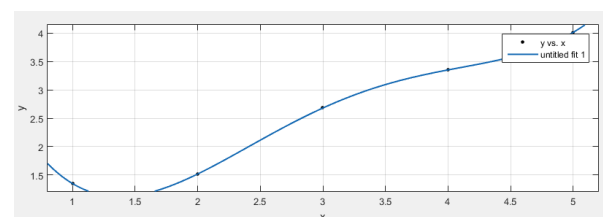


Gambar 6. Grafik hasil perbandingan pembacaan data sensor ultrasonik dan gelas ukur

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa perlu dilakukan rumus kalkulasi ulang pada sensor ultrasonik untuk memperoleh hasil yang mendekati dengan gelas ukur. Untuk itu perlu dilakukan sebuah pendekatan. Dengan simulasi Matlab menggunakan fitur *cftool* maka didapatkan linier model berupa Polynomial derajat 4. Polynomial merupakan pendekatan yang paling akurat untuk memperoleh nilai sensor ultrasonik yang mendekati gelas ukur.



Gambar 7. Hasil persamaan dari simulasi Matlab



Gambar 8. Grafik hasil simulasi Matlab

Rumus yang digunakan pada sensor ultrasonik agar pembacaan yang dihasilkan mendekati dengan gelas ukur adalah :

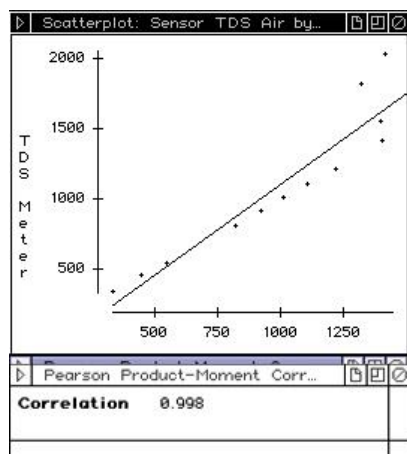
$$f(x) = p1 * x^4 + p2 * x^3 + p3 * x^2 + p1 * x + p5 \quad (1)$$

2. Pembacaan Data Sensor TDS Air

Untuk pengujian sensor TDS Air dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sensor TDS Air dengan TDS Meter. Pengujian dilakukan dengan meletakkan sensor TDS Air dan TDS Meter pada air yang sama dan menunggu hingga hasil pengukuran stabil lalu membandingkannya. Satuan yang dihasilkan yaitu ppm.



Gambar 9. Uji coba pengukuran sensor TDS air dan TDS meter



Gambar 10. Hasil perbandingan sensor TDS air dan TDS meter

Dengan menggunakan DDXL (*Desk/XL*) sebuah *Add-in* dari Microsoft Excel, dihasilkan sebuah grafik berupa *linear regression*. Dari grafik diperoleh korelasi sebesar 0.937. Adanya hubungan linier yang kuat, positif antara TDS Meter dan sensor TDS air menunjukkan bahwa; semakin tinggi nilai yang terbaca oleh TDS Meter maka semakin tinggi juga nilai yang dihasilkan oleh pembacaan sensor TDS Air. Kenyataannya sensor TDS akan menghasilkan nilai yang selalu berubah jika nilai ppm diatas 1000 ppm. TDS Meter memiliki ketelitian angka yang minim sehingga jika ppm memasuki nilai 1000 ppm sehingga TDS Meter tidak dapat membaca dengan akurat. Pada hasil regresi terdapat sebuah anomali pada sensor TDS air dimana pada saat nutrisi memasuki angka diatas 1000 ppm, nilai yang dihasilkan oleh sensor mulai tidak stabil. Hal tersebut dikarenakan sensor TDS yang digunakan pada penelitian ini hanya memiliki *range* dari 0 ~ 1000 ppm saja [5].

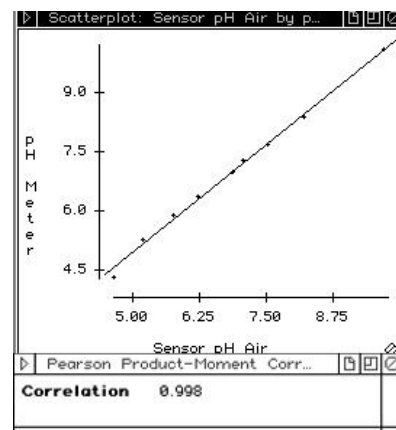
3. Pembacaan Data Sensor pH Air

Proses pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran pH Meter terhadap sensor pH air, dimana

keduanya diletakkan ke dalam air pada wadah yang sama dan diberikan larutan pH *up* atau pH *down*. Setelah wadah diberikan larutan maka selanjutnya melakukan proses pengukuran oleh pH Meter dan sensor pH Air untuk mendapatkan nilai pH yang ada. Untuk mendapatkan nilai pengukuran yang berbeda, pemberian larutan pH *up* atau pH *down* akan selalu ditambah dengan volume air yang tetap.



Gambar 11. Uji coba pengukuran sensor pH air dan pH meter



Gambar 12. Hasil perbandingan sensor pH air dan pH meter

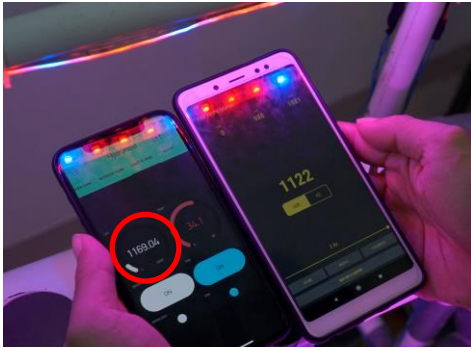
Adanya hubungan linier yang sangat kuat, positif dengan korelasi sebesar 0.998 menunjukkan bahwa; semakin tinggi nilai yang terbaca oleh pH meter maka semakin tinggi juga hasil pembacaan nilai pH pada sensor. Sensor mampu membaca nilai pH sampai dengan pH 14.

4. Pembacaan Data Sensor Cahaya

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah cahaya yang dihasilkan lampu *grow light* dapat menggantikan peranan cahaya matahari dan dapat membantu proses fotosintesis [6]. Proses pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai dari Lux Meter terhadap sensor cahaya.

Tabel 4. Hasil perbandingan pengukuran sensor cahaya dan Lux meter

Kondisi	Lux Meter (Lux)	Sensor Cahaya (Lux)	Selisih
Pagi Hari	1122	1169.04	47.04
Siang Hari	4018	4264.86	246.86
Malam Hari	2014	2083.26	69.26
Selisih rata-rata			121.05



Gambar 13. Uji coba pengukuran sensor cahaya dan Lux meter

Hasil pengujian dengan membandingkan nilai hasil pengukuran antara sensor cahaya dan Lux Meter didapatkan bahwa selisih rata-rata sebesar 121.05. Dikarenakan Lux Meter menggunakan sensor dari *smartphone* maka angka yang dihasilkan juga tidak dapat menjadi acuan untuk menentukan apakah nilai yang dihasilkan sensor cahaya dapat dikatakan akurat.

B. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian dilakukan selama 25 hari untuk mengetahui apakah sistem otomatis ini dapat menumbuhkan tanaman hidropnik dengan baik. Pertumbuhan dapat dilihat dari berapa banyak daun yang dihasilkan dan lebar daunnya.

Pada 7 hari pertama kondisi tanaman terlihat cukup sehat dengan tinggi 2-3 cm dan jumlah daun yang mulai bertambah dari 2 daun menjadi 3 per batangnya.



Gambar 14. Hasil tanaman kangkung pada hari ke-7

Kemudian pada hari ke-14 tanaman mengalami pertambahan tinggi sebanyak 3-4 cm dan jumlah daun sebanyak 2 helai per batangnya namun batang terlihat pucat dikarenakan kurangnya pancaran sinar matahari langsung. Cahaya yang dihasilkan *grow light* hanya sebesar 1 Watt. Gejala ini disebut Etiolasi [7]. Lampu *grow light* tidak dapat sepenuhnya menggantikan peranan sinar matahari yang menyebabkan terjadi kecacatan pada tanaman yaitu batang yang pucat dan tidak kokoh.

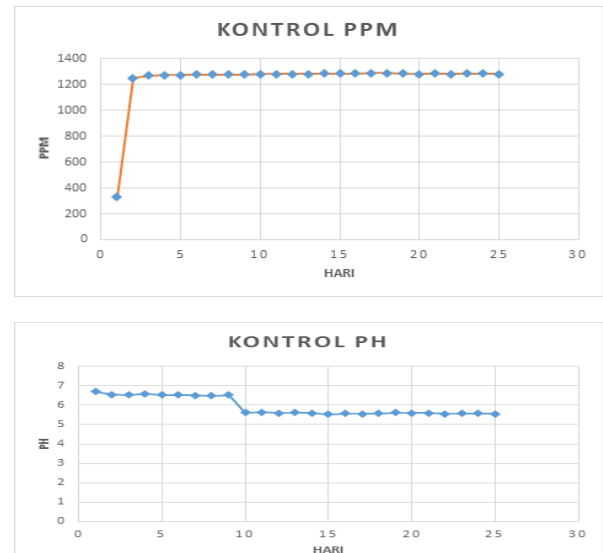


Gambar 15. Hasil tanaman kangkung pada hari ke-14

Dari hasil penghitungan tersebut dapat diketahui bahwa *autonomous car* akan melakukan pendeteksian setiap berjalan sejauh 12,56 cm. Dengan *autonomous car* berjalan dalam jalur yang memiliki panjang lintasan lurus sebesar 238 cm, maka penghitungan jumlah pendeteksian pada lintasan lurus adalah sebagai berikut.

Hasil pengujian dari sistem kontrol nutrisi dengan *setpoint* awal 1250 ppm dan pH dengan *setpoint* 6.5 ditunjukkan pada Gambar 16. Titik awal ppm pada nutrisi menunjukkan angka 330.28 ppm dan setelah memasukkan *setpoint* awal terjadi perubahan ppm nutrisi menjadi 1248.02 ppm. Titik awal pH berada pada angka 6.7, lalu dilakukan *input setpoint* menjadi pH 6.5 dan pH perlahan turun mendekati angka *setpoint*. Untuk mengetahui apakah tanaman kangkung dapat tetap bertumbuh dalam kondisi pH minimal, maka pada hari ke-9 pH diturunkan menjadi pH 5.6. Hasilnya, kangkung masih dapat bertumbuh dalam kondisi pH minimal yang ditunjukkan pada Tabel 6.

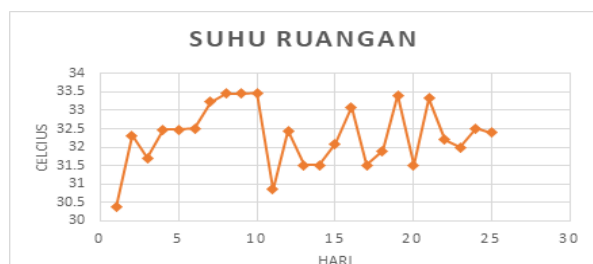
Dapat disimpulkan bahwa pembacaan sensor untuk dapat mendekati *setpoint* membutuhkan waktu 2-3 hari.



Gambar 16. Grafik kontrol nutrisi dan pH

Pengujian lampu *grow light* dan suhu ruangan bertujuan untuk mengetahui seberapa besar intensitas cahaya yang diterima oleh tanaman dan keadaan suhu sekitar. Sensor cahaya dipengaruhi juga oleh cahaya sekitar baik cahaya dari lampu rumah ataupun cahaya matahari yang masuk ke dalam rumah. Maka tak jarang nilai yang dihasilkan oleh sensor cahaya sangat bervariasi karena sensitifitasnya. Suhu ruangan dapat dianggap sangat panas karena suhu di Surabaya rata-rata perharinya berada di angka 30° C pada bulan November 2019 dan sirkulasi udaranya tidak terlalu baik. Untuk itu peranan *fan* sebagai pengganti sirkulasi udara di dalam ruangan sangat berguna.





Gambar 17. Grafik intensitas cahaya dan suhu ruangan

C. Perbandingan Hidroponik NFT Manual dan Sistem Otomatis

Perbandingan ini akan menunjukkan apakah sistem otomatis lebih unggul dibanding proses manual ataukah sebaliknya.

Tabel 5. Perbandingan total biaya keseluruhan

Keterangan	Hidroponik NFT	
	Manual	Sistem Otomatis
Biaya*	Rp. 500,000	Rp. 1,809,500
Biaya Listrik (25 Hari)	Rp. 29,580	Rp. 118,492
Total	Rp. 529,580	Rp. 1,927,992

* Termasuk biaya pembuatan dan perawatan (cairan nutrisi dan pH)

Harga yang tercantum adalah harga kisaran. Dapat dilihat bahwa sistem otomatis cukup banyak menghabiskan biaya. Tak jarang ketika orang-orang Indonesia melihat harga tersebut maka mereka akan tetap memilih metode manual. Namun mereka tidak memikirkan kemudahan yang akan didapat ketika menggunakan sistem otomatis. Tidak perlu lagi meluangkan waktu untuk mengecek keadaan tanaman baik itu keadaan nutrisi maupun pH air. Dengan sistem otomatis semua dapat dilihat dan diatur melalui aplikasi *smartphone*. Namun apakah dengan biaya sebesar itu akan mendapatkan hasil panen yang lebih banyak?

Tabel 6. Perbandingan pertumbuhan tanaman

Percobaan Selama 25 Hari	Hidroponik NFT	
	Manual	Sistem Otomatis
Jumlah Daun rata-rata	8/batang	10/batang
Tinggi Batang rata-rata	20 cm	15 cm
Lebar daun rata-rata	2.5 cm	2.5 cm
Warna Daun	Hijau	Hijau
Warna Batang	Hijau	Hijau Pucat

Dari tabel perbandingan pertumbuhan tanaman yang dilakukan selama 25 hari terlihat bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara metode manual dan sistem otomatis. Tinggi batang pada metode manual memiliki hasil lebih tinggi dikarenakan pada malam hari tanaman tetap mendapatkan cahaya dari lampu teras rumah sehingga tanaman tetap melakukan fotosintesis dengan cahaya seadanya sehingga menyebabkan tinggi batang berlebih, tidak seharusnya tanaman dibiarkan terpapar cahaya selama 24 jam karena tanaman umumnya hanya membutuhkan pencahayaan selama 10 jam [4]. Berbeda dengan tinggi batang pada sistem otomatis yang lebih pendek dari batang pada metode manual karena, ketika pada malam hari tanaman benar-benar tidak mendapatkan cahaya sama sekali yang menyebabkan tidak adanya proses fotosintesis. Warna batang pada sistem otomatis yang menjadi hijau pucat dikarenakan kurangnya intensitas cahaya yang diterima oleh tanaman.

Setelah melakukan perbandingan, sistem otomatis ini akan sangat berguna jika digunakan pada aktivitas tanam hidroponik dalam skala besar dikarenakan dapat memangkas biaya untuk tenaga manusia. Dengan catatan lampu yang digunakan untuk menggantikan cahaya matahari harus benar-benar sesuai dengan yang dibutuhkan. Jika ingin melakukan aktivitas tanam hidroponik dalam skala kecil maka tidak disarankan untuk menggunakannya karena biaya pembuatannya tidak sebanding dengan apa yang akan dihasilkan.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang diperoleh dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Kendali nutrisi dapat berjalan dengan baik dengan waktu pembacaan yang dibutuhkan oleh sensor untuk mendekati nilai *setpoint* adalah 2-3 hari.
- Sensor TDS air tidak dapat digunakan ketika ppm nutrisi berada di atas 1000 ppm.
- Kendali pencahayaan dapat berjalan dengan baik dan sensor cahaya terlalu sensitif untuk melakukan pengukuran intensitas cahaya sekitar.
- Sistem otomatis ini sangat berguna untuk aktivitas tanam hidroponik dalam skala besar karena dapat memangkas biaya untuk tenaga manusia.

B. Saran

Beberapa perbaikan dan pengembangan sistem, maka saran yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut:

- Menggunakan sensor TDS yang memiliki range hingga lebih dari 2000 ppm.
- Menambahkan notifikasi untuk mengetahui kapan pemberian nutrisi terjadi.
- Menggunakan *grow light* yang intensitas cahayanya bisa diatur.
- Perlu dilakukan percobaan hingga masa panen.
- Perlu dilakukan percobaan untuk tanaman lain.

V. DAFTAR REFERENSI

- [1] I. S. Roidah, "Pemanfaatan Lahan Dengan Menggunakan Sistem Hidroponik," *J. Univ. Tulungagung BONOROWO*, vol. 1, no. 2, pp. 43–50, 2014.
- [2] T. M. P. Dyka, "Pengendalian pH dan Ec pada Larutan Nutrisi Hidroponik Tomat Ceri," 2018.
- [3] S. Yuga Hadfridar Putra, Dedi Triyanto, "Sistem Pemantauan Dan Pengendalian Nutrisi , Suhu , Dan Tinggi Air Pada Pertanian Hidroponik," *J. Coding, Sist. Komput. Untan*, vol. 06, no. 03, pp. 128–138, 2018.
- [4] Urban Hidroponik, "Pengaturan Sinar Matahari untuk Tanaman Hidroponik, Haruskah Full-Day? - URBAN HIDROPONIK," 2016. [Online]. Available: <https://www.urbanhidroponik.com/2016/08/kebutuhan-sinar-matahari-tanaman-hidroponik.html>. [Accessed: 28-Nov-2019].
- [5] DFRobot, "Gravity: Analog TDS Sensor / Meter For Arduino SKU: SEN0244," *DFRobot*, 2017.
- [6] D. Nurdiana, R. Bandriyati, A. Putri, and D. Harjoko, "Penggunaan Beberapa Komposisi Spektrum Led Pada Potensi Dan Hasil Hidroponik Indoor Selada Keriting Hijau," vol. 20, no. 1, pp. 1–6, 2018.
- [7] S. Setiawan, "'Etiolasi' Pengertian & (Penyebab - Gejala - Akibat - Pencegahan)," 24 July, 2019. [Online]. Available: <https://www.gurupendidikan.co.id/etiologi-pengertian-penyebab-gejala-akibat-pencegahan/>. [Accessed: 09-Dec-2019].