

Perancangan Sistem Pencahayaan Otomatis Menggunakan RTC (*Real Time Clock*) Berbasis Arduino untuk Tanaman Hidroponik dalam Ruangan

1st Harimurti Banjaransari

Fakultas Informatika

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

murtihari@students.telkomuniversity.ac.id

2nd Hilal Hudan Nuha

Fakultas Informatika

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

hilalnuha@telkomuniversity.ac.id

3rd Fazmah Arif Yulianto

Fakultas Informatika

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

fazmaharif@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Salah satu jenis sayuran yang banyak digemari oleh masyarakat adalah kangkung. Kangkung memiliki tingkat nilai gizi tinggi, dan budidayanya sangat sederhana serta mudah. Salah satu teknologi produksi yang digunakan untuk meningkatkan kualitas hasil produksi kangkung adalah menggunakan hidroponik. Hidroponik adalah metode bercocok tanam tanpa menggunakan media tanah. Metode hidroponik yang dilakukan di dalam rumah kaca atau tempat tertutup lebih baik untuk menjaga pertumbuhan tanaman tetap optimal dan terlindung dari pengaruh luar yang dapat mengganggu kondisi tanaman. Salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman kangkung hidroponik adalah pencahayaan yang dibutuhkan untuk proses fotosintesis. Apabila budidaya hidroponik dilakukan di dalam ruangan tertutup, maka dibutuhkan pencahayaan tambahan sebagai pengganti cahaya matahari, salah satunya adalah dengan penggunaan lampu LED. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan perancangan dan pembuatan alat sistem pencahayaan otomatis untuk tanaman hidroponik dalam ruangan untuk meningkatkan mengoptimalkan proses fotosintesis dengan menggunakan arduino sebagai mikrokontroler dan modul RTC untuk menyimpan data waktu agar alat dapat beroperasi secara otomatis berdasarkan waktu dan intensitas yang sudah ditentukan. Pada hasil pengujian dapat diketahui bahwa sistem pencahayaan otomatis LED 12 jam mampu memberikan hasil paling baik sehingga dapat dikatakan bahwa sistem pencahayaan otomatis dapat membantu proses fotosintesis untuk tanaman hidroponik dalam ruangan.

Kata kunci—*kangkung, hidroponik, led, arduino, modul rtc.*

Abstract—*One of the most popular types of vegetables is water spinach. Kangkung has a high level of nutritional value, and its cultivation is very simple and easy. One of the production technologies used to improve the quality of water spinach production is using hydroponics. Hydroponics is a method of growing crops without using soil media. The hydroponic method carried out in a greenhouse or closed place is better for maintaining optimal plant growth and being protected from outside influences that can interfere with plant conditions. One of the factors that affect the growth of*

hydroponic water spinach is the lighting needed for the photosynthesis process. If hydroponic cultivation is carried out in a closed room, additional lighting is needed instead of sunlight, one of which is the use of LED lights. Therefore, in this study, the design and manufacture of an automatic lighting system tool for indoor hydroponic plants to improve optimizing the photosynthetic process using Arduino as a microcontroller and RTC module to store time data so that the tool can operate automatically based on a predetermined time and intensity. In the test results, it can be seen that the 12-hour LED automatic lighting system is able to provide the best results so that it can be said that the automatic lighting system can help the photosynthesis process for indoor hydroponic plants.

Keywords—*water spinach, hydroponics, led, arduino, rtc module.*

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Di masa pandemi *covid-19* seperti sekarang, banyak masyarakat yang ingin menerapkan pola hidup sehat. Berdasarkan PMK No. 41 Tentang Pedoman Gizi Seimbang menyatakan bahwa konsumsi pangan masyarakat masih belum sesuai dengan pesan gizi seimbang, dikarenakan masih banyak penduduk yang tidak cukup mengonsumsi sayuran dan buah-buahan. Oleh karena itu, sekarang tren untuk mengonsumsi buah dan sayur semakin meningkat, terutama pada saat pandemi *covid-19*. Hal tersebut membuat kebutuhan buah dan sayur meningkat. Sehingga budidaya sayur dan buah diharapkan dapat memenuhi kebutuhan masyarakat.

Salah satu jenis sayuran yang banyak digemari oleh masyarakat adalah kangkung, karena kandungan zat gizinya tinggi, budidayanya sangat sederhana serta mudah, dan rasanya yang enak [1]. Konsumsi kangkung di Indonesia sangat besar dan semakin meningkat sehingga memiliki peluang pasar yang besar juga [2]. Oleh karena itu, kangkung harus banyak dibudidayakan di Indonesia untuk memenuhi kebutuhan kangkung di dalam negeri.

Salah satu teknologi produksi yang digunakan untuk meningkatkan kualitas hasil produksi kangkung adalah dengan menggunakan hidroponik. Hidroponik adalah suatu metode bercocok tanam tanpa menggunakan media tanah [3]. Metode hidroponik yang dilakukan di dalam rumah kaca atau tempat tertutup lebih baik dalam hal produksinya. Pemanfaatan hidroponik dalam budidaya tanaman dapat dilaksanakan dalam *greenhouse* atau tempat tertutup untuk menjaga pertumbuhan tanaman secara optimal dan terlindung dari pengaruh luar [4]. Selain itu, metode hidroponik yang dilakukan di dalam ruangan atau pada ruangan tertutup sangat menguntungkan terutama di kota-kota besar yang memiliki sedikit lahan terbuka karena dapat menghemat lahan.

Salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman kangkung hidroponik adalah pencahayaan. Cahaya dibutuhkan untuk membantu proses fotosintesis pada tanaman dan merupakan sumber energi utama bagi reaksi fotosintesis [5]. Apabila budidaya hidroponik dilakukan di dalam ruangan tertutup, maka dibutuhkan pencahayaan tambahan sebagai pengganti cahaya matahari, salah satunya adalah dengan penggunaan lampu LED pada sistem hidroponik dalam ruangan ini dapat membantu mengoptimalkan proses fotosintesis [6].

Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan perancangan dan pembuatan alat sistem pencahayaan otomatis untuk tanaman hidroponik dalam ruangan yang sesuai dengan kondisi untuk membantu proses fotosintesis tanaman kangkung hidroponik dengan menggunakan arduino sebagai mikrokontroler dan modul RTC untuk menyimpan data waktu secara *realtime* agar alat dapat beroperasi secara otomatis berdasarkan waktu dan intensitas yang sudah ditentukan.

B. Topik dan Batasannya

Berdasarkan latar belakang yang sudah dipaparkan sebelumnya, dirumuskan masalah pada penelitian ini yaitu bagaimana merancang sebuah sistem pencahayaan otomatis untuk tanaman hidroponik dalam ruangan dengan menggunakan arduino, bagaimana cara mengendalikan pencahayaan pada tanaman hidroponik secara otomatis, dan bagaimana melihat performansi dari alat yang dibangun untuk tanaman hidroponik dalam ruangan. Batasan-batasan dalam penelitian ini tanaman yang digunakan adalah kangkung; selain itu hanya dapat memonitoring PPM, suhu, dan PH tetapi tidak dapat mengontrolnya; produk yang dibuat berupa prototipe dengan *input* berupa data waktu dan intensitas, dan *output* berupa pencahayaan dari lampu LED yang dapat berubah sesuai dengan data waktu dan intensitas yang sudah ditentukan.

C. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini yaitu membuat rancangan sistem pencahayaan otomatis untuk tanaman hidroponik dalam ruangan yang dapat membantu mengoptimalkan proses fotosintesis tanaman kangkung, mengendalikan sistem

pencahayaan pada tanaman hidroponik dalam ruangan secara otomatis, dan menilai kegunaan alat yang dibuat untuk pencahayaan otomatis tanaman hidroponik dalam ruangan.

II. KAJIAN TEORI

A. Hidroponik

Hidroponik merupakan salah satu metode bercocok tanam tanpa menggunakan media tanah, melainkan dengan menggunakan bahan mineral bernutrisi atau bahan lainnya yang mengandung unsur hara seperti serat mineral, sabut kelapa, serbuk kayu, pecahan batu bata, pasir, spons dan lain-lain yang dapat digunakan sebagai pengganti media tanah. Cara untuk memasok unsur hara yang dibutuhkan tanaman adalah dengan mengalirkannya ke dalam media tersebut melalui pipa atau disiramkan secara manual. Yang terpenting dalam menggunakan media tanam tersebut adalah harus selalu menjaga agar media tanam tetap bersih dari hama sehingga tidak menumbuhkan jamur atau menyebabkan penyakit lainnya [3].

Budidaya tanaman hidroponik biasanya dilakukan di dalam rumah kaca (*greenhouse*), hal tersebut dilakukan untuk menjaga supaya pertumbuhan tanaman tetap optimal dan tanaman terlindung dari pengaruh unsur luar seperti hama penyakit, iklim, hujan, dan lain-lain. Beberapa keunggulan lainnya dari budidaya dengan menggunakan sistem hidroponik antara lain yaitu dapat menghemat penggunaan lahan, menjamin mutu produk (bentuk, ukuran, rasa, warna, kebersihan) karena semua kebutuhan nutrisi tanaman dipasok secara terkendali di dalam rumah kaca, dan tidak bergantung pada musim atau waktu tanam sampai panen dapat diatur sehingga sesuai dengan kebutuhan pasar [3].

Salah satu metode hidroponik adalah dengan menggunakan sistem *wick* yang dimana merupakan teknik paling sederhana dan yang paling populer digunakan oleh para pemula. Sistem ini termasuk ke dalam sistem pasif dikarenakan nutrisi mengalir ke dalam media tanam dari dalam wadah menggunakan sejenis sumbu, *wick* sistem hidroponik bekerja dengan baik untuk tanaman yang berukuran kecil. Sistem hidroponik tidak bekerja baik untuk tanaman yang membutuhkan banyak suplai air [7].



GAMBAR 1. Sistem Hidroponik Wick.

B. Kangkung

Kangkung merupakan salah satu jenis sayuran yang banyak digemari masyarakat yang memiliki kandungan zat gizi yang tinggi dan budidayanya sangat mudah serta sederhana. Kandungan gizi yang terdapat pada tanaman kangkung cukup tinggi terutama vitamin A, B, C, mineral, asam amino, zat besi, kalsium, potasium, karoten dan fosfor [2]. Sehingga dalam setiap 100 gram tanaman kangkung mengandung energi 29 kkal, 3 gr protein, 5,4 gr karbohidrat, 0,3 gr lemak, 73 mg kalsium, 3 mg zat besi, 50 mg fosfor, vitamin A sebanyak 6300 IU, vitamin B1 sebanyak 0,07 mg, dan vitamin C sebanyak 32 mg [2].

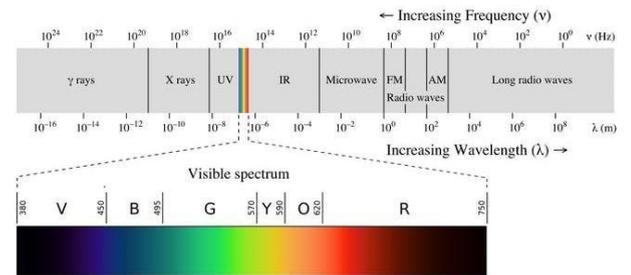
Kangkung merupakan tanaman yang tumbuh dengan cepat dan memberikan hasil dalam waktu 21-30 hari sesudah dilakukan penanaman. Tanaman kangkung cocok untuk tanaman hidroponik karena biasa tumbuh sepanjang tahun dan dapat tumbuh di dataran rendah sampai dataran tinggi pada daerah ketinggian 1000 m di atas permukaan laut, khususnya kawasan yang berair dengan suhu 20-30°C dan intensitas cahaya matahari sekitar 10 jam serta pH 5,5-6,5 [8].



GAMBAR 2. Tanaman Kangkung. Sumber: www.fredikurniawan.com

C. Cahaya

Cahaya merupakan suatu bentuk energi yang dilepaskan oleh sebuah atom. Cahaya dihasilkan dari banyak partikel-partikel kecil yang mempunyai energi dan momentum yang disebut foton [9]. Cahaya merupakan sebuah energi dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Sama seperti gelombang elektromagnetik lainnya, cahaya tidak membutuhkan medium untuk merambat sehingga cahaya dapat melintasi ruang hampa. Cahaya memiliki panjang gelombang sebesar 380nm - 750nm. Panjang gelombang cahaya berbeda untuk setiap warna. Unsur-unsur warna cahaya berasal dari cahaya putih yang diuraikan. Arah getar cahaya bergerak tegak lurus terhadap arah rambatnya. Cahaya merupakan salah satu faktor penting dalam fotosintesis. Energi cahaya yang digunakan tanaman untuk fotosintesis hanya sebesar 0,5 sampai 2% dari jumlah energi cahaya yang tersedia. Energi yang diberikan cahaya bergantung pada kualitas panjang gelombang, intensitas dan waktu [10].



GAMBAR 3. Spektrum Cahaya Gelombang Elektromagnetik.

Sumber: www.zenius.net

D. Fotosintesis

Fotosintesis adalah suatu proses biokimia yang dilakukan oleh tanaman untuk menghasilkan energi (nutrisi) dengan memanfaatkan cahaya matahari. Pada proses fotosintesis, cahaya berperan sebagai pengendali reaksi dan diserap pertama kali. Pigmen akan menyerap cahaya secara selektif pada panjang gelombang tertentu dan kemudian akan disebarkan. Cahaya yang disebarkan tadi akan menjadi warna karakteristik dari pigmen tersebut. Seperti misalnya warna hijau yang berasal dari klorofil. Klorofil berwarna hijau karena menyerap cahaya biru dan merah yang merupakan batas ujung dari spektrum warna, dan akan menampakkan warna hijau dari tengah spektrum tersebut untuk disebarkan ataupun dipantulkan [11].

Manipulasi sinar matahari dalam proses fotosintesis tanaman hidroponik pada ruangan tertutup dapat dilakukan dengan menggunakan lampu sebagai sumber cahaya. Klorofil pada tanaman dapat menyerap dan memanfaatkan cahaya pada panjang gelombang 400 sampai 700 nm. Penelitian yang dilakukan oleh Kobayashi menyatakan bahwa sinar biru baik untuk mempertahankan proses vegetatif tanaman sedangkan sinar merah baik untuk meningkatkan proses generatif [12]. Menurut Morrow, *light emitting diode (LED)* dapat digunakan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman karena tidak menghasilkan suhu yang tinggi [13].



GAMBAR 4. Fotosintesis Tanaman.

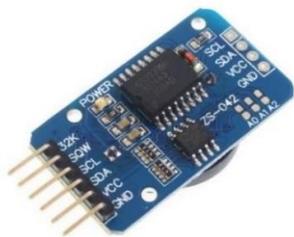
Sumber: www.saintif.com

E. Modul RTC

RTC (*Real time clock*) merupakan sebuah perangkat yang dapat menerima dan menyimpan data berupa deskripsi waktu, seperti hari, tanggal, bulan, dan tahun secara *realtime*. Karena jam tersebut bekerja secara *real time*, maka setelah proses hitung waktu dilakukan output datanya langsung disimpan atau dikirim ke device lain melalui sistem antarmuka. Pada penelitian ini, RTC yang digunakan adalah jenis RTC DS3231. Secara otomatis, RTC mampu menyimpan seluruh data waktu, hari, tanggal, bulan dan tahun, hingga perbedaan bulan yang memiliki 30 hari ataupun 31 hari [14]. RTC dilengkapi dengan baterai sebagai pemasok daya pada *chip*, sehingga jam akan tetap *up-to-date* walaupun komputer dimatikan. RTC dinilai sebagai pewaktu (*timer*) yang cukup akurat karena menggunakan osilator kristal.

Serial RTC DS3231 merupakan *low-power* dan *full binary-coded-decimal* (BCD). Data dan alamat yang didapat pada RTC ditransfer berurutan secara serial melalui dua kabel dan *bidirectional bus*. *Clock/calendar* pada RTC dapat menyediakan informasi waktu dari mulai detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan dan tahun. Akhir dari tanggal dan bulan akan disesuaikan secara otomatis dan juga dapat mencakup koreksi untuk tahun kabisat. Jam pada RTC dapat beroperasi dalam format 24 jam atau 12 jam dengan indikator AM/PM. RTC DS3231 mempunyai suatu sistem untuk mendeteksi apabila terjadi gangguan pada daya dan secara otomatis memasok tegangan dari baterai apabila VBAT lebih besar dari VCC[15].

RTC DS3231 mendukung *bus* dua kawat atau *bidirectional bus* dan protokol transmisi data. Perangkat pengiriman data disebut *transmitter* sedangkan perangkat penerima data disebut *receiver*. Adapun perangkat pengontrol pesan disebut *master* sedangkan perangkat yang dikontrol disebut *slave*. *Bus* harus dikontrol oleh *master* yang dapat membangkitkan *Clock Serial* (SCL). Mengontrol akses *bus* untuk membangkitkan kondisi *start* dan *stop*, sehingga RTC DS3231 beroperasi sebagai *slave* pada *bus 2+ wire* [16].



GAMBAR 5. Modul RTC DS3231.

Sumber: www.shopee.com

F. Arduino

Arduino adalah suatu platform pembuatan prototipe elektronik yang paling banyak digunakan karena bersifat *open source* dan mudah untuk digunakan.

Arduino sendiri merupakan platform yang terdiri dari *software* dan *hardware* yang fleksibel. *Hardware* arduino sama seperti mikrokontroler pada umumnya hanya saja pada arduino ditambahkan penamaan pin agar mudah diingat. *Software* arduino merupakan *software open source* sehingga dapat diunduh secara gratis dari internet. *Software* tersebut digunakan untuk membuat dan memasukkan kode program ke dalam Arduino [17].

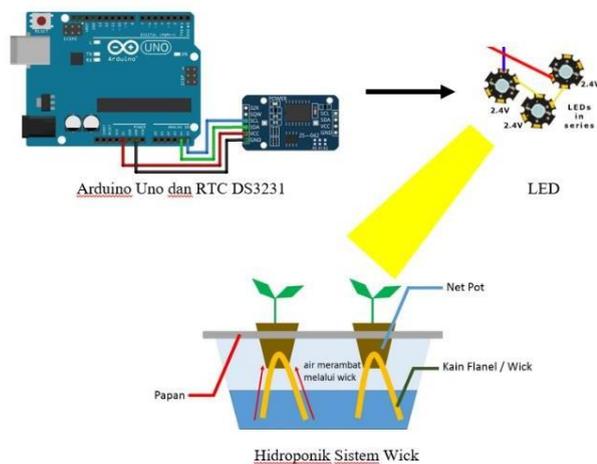


GAMBAR 6. Arduino Uno.
Sumber: www.makerspaces.com

III. METODE

A. Gambaran Umum Sistem

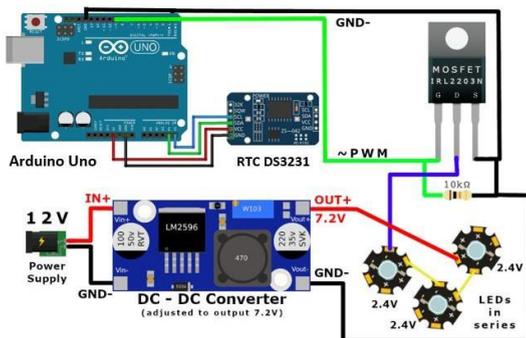
Penelitian ini ditujukan untuk membuat sistem pencahayaan otomatis untuk tanaman hidroponik dalam ruangan. Pada sistem yang dibangun, terdapat modul RTC untuk mengambil data waktu secara *realtime*. Bentuk komunikasi data dari RTC adalah I2C yang hanya menggunakan 2 jalur komunikasi yaitu SDA dan SCL. Pada rangkaian ini pin SDA dihubungkan pada pin A4 dan SCL pada pin A5. Data waktu tersebut kemudian dicocokkan dengan waktu yang sudah diset untuk menentukan perubahan kondisi lampu baik menyala atau mati nya dari lampu LED sesuai dengan intensitas yang sudah ditentukan. Kenapa menggunakan modul RTC dibandingkan dengan NTP (*Network Time Protocol*) dikarenakan NTP membutuhkan koneksi untuk terhubung ke internet untuk pembacaan dan pengambilan data waktu secara *realtime*. Hal tersebut dapat berpengaruh besar apabila alat yang dirancang ditujukan untuk para petani yang berada dipedalaman yang masih sulit untuk terhubung dengan jaringan internet.



GAMBAR 7. Gambaran Umum Sistem.

B. Perancangan Alat

Pada perancangan sistem ini, terdiri atas beberapa komponen perangkat keras yang digunakan untuk membangun sebuah alat sistem pencahayaan otomatis pada tanaman hidroponik dalam ruangan. Berikut ini adalah rancangan alat yang akan dibuat pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 6.

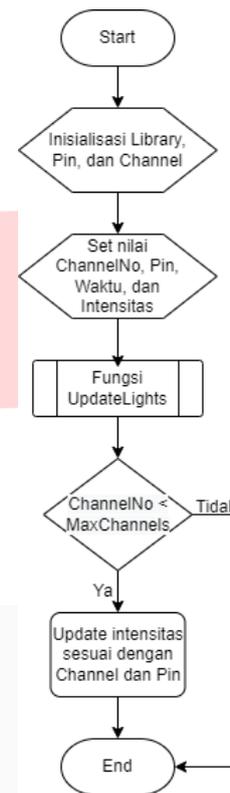


GAMBAR 8. Skema Alat.

Perangkat yang digunakan untuk merancang perangkat keras dalam penelitian ini yaitu,

1. Arduino Uno
2. Modul RTC DS3231
3. Mosfet IRL2203N
4. Power Supply 12V 10A
5. DC – DC Converter
6. LED Cree 3W Royal Blue 450nm
7. LED Cree 3W Deep Red 660nm
8. LED Cree 3W Far Red 720nm
9. Resistor 10K
10. Kabel Jumper
11. Project Board
12. Heatsink
13. Fan 12V

Perancangan dan implementasi perangkat lunak yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan bahasa pemrograman pada arduino yang dasarnya seperti bahasa pemrograman C/C++. Lalu program yang sudah dibuat akan dijalankan ke dalam arduino uno. Rancangan logika program ditunjukkan pada Gambar 9



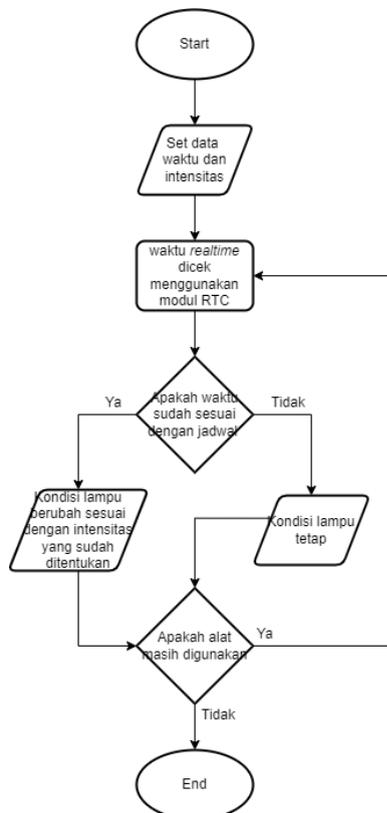
GAMBAR 9. Rancangan Logika Program.

Pada Gambar 9 dijelaskan bahwa rancangan logika program diawali dengan melakukan inisialisasi *library*, *pin*, dan *channel* yang digunakan. Selanjutnya, dilakukan pengaturan nilai untuk *variable ChannelNo*, *Pin*, waktu dan intensitas dengan keterangan *ChannelNo* menunjukkan nilai dari *Channel* yang digunakan dan *Pin* menunjukkan nilai dari arduino yang terhubung. Fungsi *UpdateLights* dijalankan setelahnya untuk proses utama dari program, dimana dalam fungsi ini akan dilakukan proses perulangan yang akan mengecek *variable* dari *ChannelNo*. Apabila nilai dari *ChannelNo* masih kurang dari *MaxChannels* maka akan dilakukan *update* intensitas pada *channel* tersebut dengan *pin* yang sesuai. Proses akan berulang sampai keadaan tidak terpenuhi yaitu apabila *ChannelNo* lebih dari sama dengan *MaxChannels* maka perulangan akan berakhir.

C. Alur Pemodelan

Pada alur pemodelan sistem ini, hal pertama yang perlu dilakukan adalah mengeset data waktu dan intensitas pada program. Lalu, menghidupkan arduino dan *power supply* serta menjalankan program

yang sudah dibuat ke dalam arduino. Setelah itu, waktu akan di cek menggunakan modul RTC, apabila waktu *realtime* sesuai dengan jadwal maka kondisi lampu akan berubah sesuai dengan intensitas yang sudah ditentukan. Apabila waktu *realtime* tidak sesuai jadwal maka kondisi lampu akan tetap. Hasilnya akan berupa sistem pencahayaan otomatis untuk tanaman hidroponik dalam ruangan. Berikut ini adalah *flowchart* pada sistem pencahayaan otomatis untuk tanaman hidroponik dalam ruangan yang akan dirancang.



GAMBAR 10. Flowchart Sistem.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian

Dilakukan pengujian pada alat sistem pencahayaan otomatis untuk tanaman hidroponik dalam ruangan pada bulan Januari hingga Februari di daerah Tambun Selatan, Kabupaten Bekasi. Pada saat saya melakukan pengujian, daerah tersebut masih mengalami musim penghujan yang mengakibatkan kurangnya intensitas cahaya matahari. Pengujian dilakukan terhadap alat yang sudah dibuat untuk mengecek semua fungsi dari alat tersebut apakah dapat berjalan sesuai dengan keinginan atau tidak. Seperti yang dapat kita lihat pada Tabel 1.

TABEL 1. Pengujian Fungsionalitas Alat

No	Nama Pengujian	Prosedur Pengujian	Masukan	Hasil yang diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1	Pengujian arduino	Melakukan <i>running</i> Program	Data waktu dan intensitas	Lampu dapat berubah sesuai waktu dan intensitas yang sudah ditentukan	Lampu berubah sesuai waktu dan intensitas yang sudah ditentukan	Berhasil
2	Pengujian modul RTC	Melakukan <i>running</i> program ada arduino	Data waktu	Modul RTC dapat membaca dan menampilkan data waktu realtime	RTC dapat membaca dan menampilkan data waktu realtime	Berhasil
3	Pengujian lampu LED	Melakukan pengukuran intensitas menggunakan lux meter	Data intensitas	Lampu dapat berubah sesuai dengan intensitas yang dikirimkan dari arduino	Lampu berubah sesuai dengan intensitas yang dikirimkan dari arduino	Berhasil

Setelah melakukan pengujian terhadap fungsionalitas alat, dilakukan juga pengujian terhadap pertumbuhan tanaman untuk mengetahui apakah alat tersebut dapat membantu mengoptimalkan proses fotosintesis tanaman kangkung hidroponik dalam ruangan yang hanya terdapat sedikit cahaya matahari. Pengujian tersebut dilakukan dengan cara menghitung pertumbuhan tanaman menggunakan dua parameter, yaitu panjang batang dan jumlah daun. Selain itu, pengukuran tersebut dilakukan pada tiga kondisi sistem pencahayaan yang berbeda, yaitu menggunakan sistem pencahayaan otomatis untuk tanaman hidroponik dalam ruangan selama 10 jam dan 12 jam, serta dengan menggunakan cahaya matahari langsung. Sesuai dengan hasil penelitian, dikatakan bahwa tanaman memperlihatkan respon pertumbuhan dan hasil tanaman yang positif ketika diberi penyinaran selama 10 – 12 jam, sedangkan penyinaran yang terlalu pendek atau terlalu panjang berdampak pada penurunan hasil tanaman [16].



GAMBAR 11. Dokumentasi Pengujian Sistem.

Pengujian dari masing-masing sistem pencahayaan dilakukan pada saat bersamaan dengan menggunakan dua alat yang dibuat serupa untuk kondisi yang menggunakan sistem pencahayaan LED 10 jam dan 12 jam, serta satu lagi yang menggunakan sistem pencahayaan matahari langsung. Pengujian dilakukan secara bersamaan dan berada di satu tempat yang sama supaya data yang dihasilkan lebih *valid*, dikarenakan apabila dilakukan secara bergantian maka akan ada faktor-faktor lain yang akan berpengaruh terhadap tanaman sehingga mempengaruhi kebenaran data yang didapatkan. Dari aspek-aspek yang sudah disebutkan, maka didapatkan data pertumbuhan seperti pada Tabel 2.

TABEL 2. Pertumbuhan Tanaman.

Parameter	Sistem Pencahayaan	Lama Penyinaran (Jam)	Rata-rata Hari Ke-							
			7	9	11	13	15	17	19	21
Panjang Batang (cm)	LED	10	4.39	5.13	6.99	8.42	10.59	13.05	15.11	17.76
		12	4.93	5.62	7.49	9.14	10.98	13.84	16.08	19.21
	Matahari	-	4.79	5.16	5.46	5.82	6.67	8.64	10.26	11.28
Jumlah Daun	LED	10	4.89	6.72	7.72	8.83	9.44	9.72	10.61	11.67
		12	5.33	6.33	7.94	8.72	9.50	10.06	10.94	12.28
	Matahari	-	5.17	6.61	7.89	8.39	9.17	9.94	10.67	11.61

Parameter	Sistem Pencahayaan	Lama Penyinaran (Jam)	Rata-rata Hari Ke-							
			7	9	11	13	15	17	19	21
Panjang Batang (cm)	LED	10	4.39	5.13	6.99	8.42	10.59	13.05	15.11	17.76
	Matahari	-	4.93	5.62	7.49	9.14	10.98	13.84	16.08	19.21
Jumlah Daun	LED	10	4.79	5.16	5.46	5.82	6.67	8.64	10.26	11.28
	Matahari	-	4.89	6.72	7.72	8.83	9.44	9.72	10.61	11.67
	LED	12	5.33	6.33	7.94	8.72	9.50	10.06	10.94	12.28
	Matahari	-	5.17	6.61	7.89	8.39	9.17	9.94	10.67	11.61

Pengukuran pertumbuhan panjang batang dan jumlah daun pada Tabel 2 dilakukan setelah penyemaian tanaman kangkung selama tujuh hari. Pada hari ketujuh tanaman kangkung yang sudah disemai lalu dipindahkan ke media tanam hidroponik dengan menggunakan sistem *wick* yang sudah diberikan nutrisi AB mix. Pengukuran tersebut dilakukan terhadap 18 sampel dari masing-masing sistem pencahayaan. Dikarenakan pengukuran pertumbuhan tanaman dilakukan pada musim penghujan yang dimana mengakibatkan sedikitnya intensitas cahaya matahari sehingga menyebabkan lambatnya pertumbuhan tanaman yang menggunakan sistem pencahayaan matahari.

TABEL 3. PPM, Suhu, dan PH.

Parameter	Metode Penyinaran	Lama Penyinaran (jam)	Rata-rata Hari Ke-							
			7	9	11	13	15	17	19	21
PPM	LED	10	503	569	564	569	813	724	814	1102
	LED	12	506	566	566	568	814	766	814	1101
	Matahari	-	504	620	642	686	816	764	806	1104
Suhu	LED	10	26.0°C	26.6°C	27.6°C	26.6°C	26.8°C	25.7°C	24.3°C	25.6°C
	LED	12	26.0°C	26.6°C	27.3°C	26.8°C	26.8°C	26.0°C	24.2°C	25.6°C
	Matahari	-	26.0°C	26.1°C	27.3°C	27.3°C	26.6°C	25.3°C	25.0°C	25.7°C
PH	LED	10	6.88	9.09	9.04	9.47	7.13	8.94	9.12	7.75
	LED	12	6.77	9.05	9.04	9.20	7.13	8.95	9.07	7.80
	Matahari	-	6.74	9.08	9.15	9.19	7.13	9.00	9.02	7.55

Dilakukan juga pengukuran terhadap PPM (*Part Per Million*), Suhu, dan PH (*Power of Hydrogen*) pada masing-masing sistem pencahayaan. Dari data pada Tabel 3 maka dapat diketahui bahwa dari masing-masing sistem pencahayaan tersebut memiliki nilai PPM, suhu, dan PH yang tidak jauh berbeda sehingga pengukuran panjang batang dan jumlah daun dapat dikatakan valid atau benar bahwa perbedaan pertumbuhan tanaman dari masing-masing perlakuan hanya dibedakan dari sistem pencahayaannya saja. Meskipun nilai derajat keasaman yang didapatkan pada data tersebut melebihi derajat keasaman yang optimal untuk tanaman kangkung yaitu berkisar 5,5 – 6,5 [8].

Pengujian juga dilakukan terhadap konsumsi daya yang dibutuhkan oleh alat sistem pencahayaan otomatis untuk tanaman hidroponik dalam ruangan dengan menggunakan watt meter yang diketahui bahwa konsumsi dayanya adalah sebesar 0,183 kWh per hari untuk alat dengan sistem pencahayaan LED 10 jam dan 0,205 kWh per hari untuk alat dengan sistem pencahayaan LED 12 jam. Terdapat juga pengujian keakuratan RTC terhadap nyala LED dengan cara mengukur durasi nyala pada lampu LED apakah sesuai dengan lama waktu yang sudah diset. Seperti yang dapat dilihat pada tabel 4.

TABEL 4. Pengujian Keakuratan RTC.

Durasi Waktu yang akan diuji	Durasi Nyala pada Lampu	Keterangan Waktu Pengujian	Keterangan
1 menit	1 menit	12.30 - 12.31	Sesuai
10 menit	10 menit	12.35 - 12.45	Sesuai
30 menit	30 menit	12.50 - 12.20	Sesuai
1 jam	1 jam	12.30 - 13.30	Sesuai

Dari data di atas dapat diambil kesimpulan bahwa lampu LED dapat menyala sesuai dengan durasi dan lama waktu yang sudah ditentukan, sehingga dengan demikian dapat dikatakan bahwa data waktu yang sudah diset lalu diterima dan disimpan pada RTC tersebut akurat dengan lamanya nyala lampu.



GAMBAR 12. Perbandingan Kondisi Etiolasi dan Kondisi Normal.

Selain data yang sudah didapatkan pada Tabel 2, saya juga melakukan pengujian untuk tanaman yang tidak mendapatkan cahaya matahari. Setelah dilakukan pengukuran terhadap panjang batang dan jumlah daun pada hari ke tujuh maka didapatkan rata-rata panjang batang tanaman tersebut adalah 15,28cm, dimana angka tersebut jauh lebih panjang dibandingkan tanaman dengan sistem pencahayaan lainnya pada hari yang sama. Sehingga dapat diidentifikasi bahwa tanaman tersebut mengalami gejala etiolasi. Etiolasi adalah proses pemanjangan sel akibat produksi auksin yang terus-menerus. Produksi auksin dapat terhambat oleh adanya cahaya [17]. Beberapa ciri-ciri yang dapat menandakan bahwa suatu tanaman mengalami etiolasi diantaranya, batang tanaman tersebut akan lebih panjang akibat kandungan air yang melimpah dalam tanaman, batang tidak kokoh, tanaman terlihat lemah dan berwarna pucat, memiliki daun yang kecil-kecil dan tipis, serta memiliki akar yang kurang lebat [18].

Seperti pada Gambar 12, dapat dilihat tanaman kangkung yang mengalami gejala etiolasi memiliki batang yang lemah berwarna putih pucat dan memiliki daun yang kecil dan berwarna kekuningan. Dari fakta tersebut lalu dibandingkan dengan tanaman yang menggunakan sistem pencahayaan LED maka

terdapat perbedaan yang cukup signifikan dimana pada tanaman dengan sistem pencahayaan LED memiliki batang yang cukup kokoh dan berwarna hijau serta daun yang cukup besar dan berwarna hijau juga.

B. Analisis Hasil Pengujian

Dari data yang sudah didapatkan pada Tabel 2, maka dapat diketahui rasio pertumbuhan panjang batang dan jumlah daun pada tanaman dengan menggunakan rumus (1) dan (2) :

Pertumbuhan Batang

$$= (\text{Rata-rata panjang batang pada hari ke 21}) - (\text{Rata-rata panjang batang pada hari ke 7}) \quad (1)$$

$$\text{Pertumbuhan Batang X} = 17.76 - 4.39 = 13.37 \text{ cm}$$

$$\text{Pertumbuhan Batang Y} = 19.21 - 4.93 = 14.28 \text{ cm}$$

$$\text{Pertumbuhan Batang Z} = 11.28 - 4.79 = 6.49 \text{ cm}$$

Pertumbuhan Daun

$$= (\text{Rata-rata jumlah daun pada hari ke 21}) - (\text{Rata-rata jumlah daun pada hari ke 7}) \quad (2)$$

$$\text{Pertumbuhan Daun X} = 11.67 - 4.89 = 6.78$$

$$\text{Pertumbuhan Daun Y} = 12.28 - 5.33 = 6.95$$

$$\text{Pertumbuhan Daun Z} = 11.61 - 5.17 = 6.44$$

Keterangan :

X = Sistem pencahayaan LED 10 jam

Y = Sistem pencahayaan LED 12 jam

Z = Sistem pencahayaan matahari secara langsung

V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pengujian di atas, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain sebagai berikut:

1. Sistem pencahayaan otomatis LED 12 jam mampu memberikan hasil paling baik dibandingkan sistem pencahayaan lainnya karena memiliki nilai pertumbuhan batang dan daun yang paling tinggi.
2. Sistem pencahayaan otomatis LED mampu membantu mengoptimalkan proses fotosintesis sehingga memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan sistem pencahayaan matahari langsung dalam hal pertumbuhan batang dan bukan merupakan gejala etiolasi.
3. Tidak terdapat perbedaan yang signifikan dari masing-masing sistem pencahayaan terhadap pertumbuhan daun.

B. Saran

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk menambahkan LED warna putih dan warna lainnya untuk melengkapi spektrum warna yang dibutuhkan oleh tanaman. Selain itu, dalam perakitan alat disarankan untuk menyolder semua komponen supaya lebih kuat. Diharapkan kedepannya selain dapat memonitoring PPM, suhu, dan PH, tetapi juga dapat mengontrolnya. Serta dapat dilakukan pengujian terhadap jenis tanaman yang berbeda.

REFERENSI

- [1] N. Hidayati and P. H. N. Rosawanti, "Kajian Penggunaan Nutrisi Anorganik Terhadap Pertumbuhan Kangkung (*Ipomoea reptans* Poir) Hidroponik Sistem Wick," *Jurnal Daun*, vol. 4, no. 2, pp. 75-81, 2017.
- [2] O. Sunardi, S. Adimihardja and Y. Mulyaningsih, "PENGARUH TINGKAT PEMBERIAN ZPT GIBBERELLIN (GA3) TERHADAP PERTUMBUHAN VEGETATIF TANAMAN KANGKUNG AIR (*Ipomoea aquatica* Forsk L.) PADA SISTEM HIDROPONIK FLOATING RAFT TECHNIQUE (FRT)," *Jurnal Pertanian ISSN 2087-4936*, vol. 4, no. 1, pp. 33-47, 2013.
- [3] I. S. Roidah, "PEMANFAATAN LAHAN DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM HIDROPONIK," *Universitas Tulungagung BONOROWO*, vol. 1, no. 2, 2014.
- [4] E. Tando, "REVIEW : PEMANFAATAN TEKNOLOGI GREENHOUSE DAN HIDROPONIK SEBAGAI SOLUSI MENGHADAPI PERUBAHAN IKLIM DALAM BUDIDAYA TANAMAN HORTIKULTURA," *Buana Sains*, vol. 19, no. 1, pp. 91-102, 2019.
- [5] M. Yustiningsih, "Intensitas Cahaya dan Efisiensi Fotosintesis pada Tanaman Naungan dan Tanaman Terpapar Cahaya Langsung," *BIOEDU*, vol. 4, no. 2, pp. 43-48, 2019.
- [6] S. Aulia, Ansar and G. M. D. Putra, "PENGARUH INTENSITAS CAHAYA LAMPU DAN LAMA PENYINARAN TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN KANGKUNG (*Ipomoea reptans* Poir) PADA SISTEM HIDROPONIK INDOOR," *JRPB*, vol. 7, no. 1, pp. 44-52, 2-19.
- [7] M. E. Kurnia, "Sistem Hidroponik Wick Organik Menggunakan Limbah Ampas Tahu Terhadap Respon Pertumbuhan Tanaman Pak Choy (*Brassica chinensis* L.)," Universitas Islam Negeri Raden Intan, Lampung, 2019.
- [8] Qalyubi, I. M. Pudjojo and S. Widodo, "Tanaman Kangkung Pada Sistem Irigasi Hidroponik Nft (Nutrient Film Technique)," *Teknologi Pertanian*, vol. 1, pp. 2-6, 2014.
- [9] N. Alexandre, "Temperatur Warna," <https://books.google.co.id/>, 2015.
- [10] P. Handoko and Y. Fajarianti, "Pengaruh Spektrum Cahaya Tampak Terhadap laju Fotosintesis Tanaman Air *Hydrilla Verticillata*," <https://jurnal.uns.ac.id/>, vol. 10, no. 2, 2013.
- [11] A. N. Ifadah, "PENGARUH LAMA PENYINARAN WARNA PUTIH LAMPU LED (Light Emitting Diode) TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN PAKCOY (*Brassica Rapa* L) DENGAN SISTEM HIDROPONIK SUMBU DALAM RUANGAN," Universitas Telkom, Bandung, 2021.
- [12] K. Kobayashi, T. Amore and M. Lizaro, "Light-Emitting Diodes (LEDs) for Miniature Hydroponic Lettuce," *Optics and Photonics Journal*, vol. 3, pp. 74-77, 2013.
- [13] R. C. Morrow, "LED Lighting in Horticulture," *Journal HortScience*, vol. 48, no. 7, pp. 1947-1950, 2008.
- [14] A. A. B. R. Windhu Putra, D. M. Wiharta and N. P. Sastra, "Analisa Konsumsi Daya Sistem Pelacakan Posisi Muatan Roket Berbasis Arduino," *E-Journal SPEKTRUM*, vol. 5, no. 2, pp. 88-93, 2018.

- [15] "rtc-real-time-clock-ds1307-code-vision,"
June 2013.[Online].Available:
<http://www.proyekrumahan.com/>.
- [16] [Online]. Available:
www.ablabsolution&source.com..
- [17] A. Sulaiman, "ARDUINO: Microcontroller bagi Pemula hingga Mahir," 2012.
- [18] Ariffin, "Respons Tanaman Kedelai terhadap Lama Penyinaran," *Jurnal Agrivita*, vol. 30, no. 1, pp. 61-66, 2008.
- [19] Z. Bunyamin and M. Aqil, "Analisis iklim mikro tanaman jagung (*Zea mays L.* pada sistem tanaman sisip,"
Dalam *Prosiding Pekan Serealia Nasional*, pp. 294-300, 2010.
- [20] W. F, Fitri and D. L, "Perkecambahan Biji *Dictyoneura Acuminata Blume* pada Cahaya Merah dan Merah Jauh," *Hortikultura Indonesia*, pp. 49-55, 2016.