

Rancang Bangun *Smart Grow Box* Hidroponik untuk Pertumbuhan Tanaman *Microgreen* Berbasis *Internet of Things*

Revan Haidar Hilmy^{1*)}, Ratna Susana², Febrian Hadiatna³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional, Bandung
Jln. PH.H. Mustofa, Kota Bandung, 40124, Indonesia

¹email: revanhaidarhilmy@gmail.com

Abstract – *Smart Grow Box* is a place that is used as a medium for growing microgreen plants with an indoor system. In this study, a hydroponic *Smart Grow Box* was designed for smartphone-based microgreen plant growth. This study aims to monitor and control the environmental parameters of microgreen plant growth in the grow box that has been made. The system is designed using the DHT22 sensor as a temperature and humidity reader and the RTC DS3231 as a time control. The output from the sensor and RTC will be processed by the ESP32 microcontroller unit which is then forwarded to the system actuators and smartphones via the internet. This system designed uses the Blynk App application which can perform monitoring and control processes remotely based on the internet of things. This *Smart Grow Box* can reduce air humidity up to 4.71% lower than room air humidity, can increase air humidity to 90% within 54 seconds, and can lower air temperature close to room air temperature by a difference of 0.07 °C. *Smart Grow Boxes* can also increase the quality of microgreen harvests by up to 40%.

Keywords – *Grow box, Artificial environment, environmental parameters, Microgreen, Internet of things*

Abstrak – *Smart Grow Box* merupakan sebuah tempat yang digunakan sebagai media untuk pertumbuhan tanaman *microgreen* dengan sistem *indoor*. Pada penelitian ini dilakukan perancangan *Smart Grow Box* hidroponik untuk pertumbuhan tanaman *microgreen* berbasis *smartphone*. Penelitian ini bertujuan untuk memantau dan mengendalikan parameter lingkungan pertumbuhan tanaman *microgreen* pada *grow box* yang telah dibuat. Sistem dirancang menggunakan sensor DHT22 sebagai pembaca suhu dan kelembapan udara lingkungan serta RTC DS3231 sebagai kontrol waktu. Keluaran dari sensor dan RTC akan diproses oleh unit mikrokontroler ESP32 yang kemudian diteruskan pada aktuator-aktuator sistem dan *smartphone* melalui internet. Sistem yang dirancang ini menggunakan aplikasi Blynk App yang dapat melakukan proses *monitoring* dan kontrol dari jarak jauh berbasis *internet of things*. *Smart Grow Box* ini dapat menurunkan kelembapan udara hingga 4,71% lebih rendah dibandingkan kelembapan udara ruangan, dapat meningkatkan kelembapan udara menjadi 90% dalam waktu 54 detik, dan dapat menurunkan suhu udara mendekati suhu udara ruangan dengan selisih 0,07 °C. *Smart Grow Box* juga dapat meningkatkan kualitas panen *microgreen* hingga 40%.

Kata Kunci – *Grow box, Lingkungan buatan, Parameter lingkungan, Microgreen, Internet of things*

I. PENDAHULUAN

Setiap tahun jumlah populasi manusia di dunia terus meningkat dengan pesat. Meningkatnya populasi penduduk

seiring dengan meningkatnya kebutuhan lahan sebagai tempat tinggal. Penggunaan lahan sebagai tempat tinggal sangat berdampak terhadap ketersediaan lahan untuk pertanian. Permasalahan kebutuhan akan nutrisi penduduk menjadi tantangan bagi semua di tengah pertumbuhan populasi penduduk yang terus meningkat [1]. *Microgreen* dapat mengantisipasi permasalahan permasalahan tersebut.

Tanaman *microgreen* merupakan jenis sayuran yang memiliki kandungan nutrisi yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis sayuran dewasa pada umumnya [2]. *Microgreen* memiliki ukuran yang kecil, sehingga tidak membutuhkan lahan yang luas dalam pertumbuhannya. Gambar 1 menunjukkan bentuk fisik tanaman *microgreen*.



Gambar 1. Tanaman *Microgreen*

Tanaman *microgreen* paling baik ditanam pada suhu lingkungan 19-27 °C tergantung dari jenis tanamannya [3]. Proses pertumbuhan *microgreen* paling baik ditempatkan pada kondisi lingkungan dengan kelembapan udara 40-60%. Proses penyiraman sistem tanam hidroponik paling baik untuk *microgreen* yaitu mengalirkan air hanya pada akar (*bottom watering*), karena proses penyiraman seperti ini membuat batang dan daun *microgreen* tetap kering agar terhindar dari penyakit [3].

Parameter-parameter lingkungan yang perlu diperhatikan dalam pertumbuhan *microgreen* termasuk suhu, kelembapan, pencahayaan, serta sistem pengairan, harus dicapai dan dijaga dengan baik untuk mempercepat laju pertumbuhan *microgreen* serta mendapatkan hasil panen dengan kualitas terbaik.

Penulis telah melakukan percobaan penanaman *microgreen* dengan sistem hidroponik secara *indoor*, tanpa memerhatikan parameter-parameter yang dibutuhkan. Hasilnya tidak cukup baik. Tanaman *microgreen* yang dipanen mengalami beberapa masalah seperti daun yang

ukurannya kecil, batang yang tidak kuat, tanaman pucat dan berbau, serta di beberapa titik terdapat jamur. Kemudian penulis melakukan percobaan kedua. Pada percobaan yang kedua, parameter-parameter yang dibutuhkan dijaga dengan baik. Hasilnya cukup baik dan berbeda dari hasil pada percobaan pertama tadi. Pada percobaan kedua ini, parameter-parameter yang terjaga dengan baik yaitu suhu udara lingkungan, kelembapan udara, waktu pencahayaan, serta waktu pengairan. Percobaan ini masih dilakukan secara manual. Hasil tanaman *microgreen* yang dipanen mengalami peningkatan berupa daun yang jauh lebih lebar, batang tampak tebal dan kuat, tanaman lebih segar dan tidak berbau, serta berkurangnya titik-titik timbulnya jamur.

Berdasarkan sejumlah referensi dan percobaan yang telah penulis lakukan, dapat disimpulkan bahwa pertumbuhan tanaman *microgreen* dipengaruhi oleh sejumlah parameter lingkungan. Maka dari itu pada penelitian ini dilakukan rancang bangun sistem lingkungan buatan hidroponik untuk pertumbuhan tanaman *microgreen* yang dapat melakukan otomatisasi kontrol parameter lingkungan. Sistem yang dibuat juga dapat melakukan pemantauan (*monitoring*) dan pengaturan batas parameter lingkungan dari jarak jauh menggunakan *smartphone*.

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengembangkan dan merancang sistem lingkungan buatan hidroponik yang dapat memantau dan mengendalikan parameter lingkungan pertumbuhan tanaman *microgreen* untuk dapat mempercepat pertumbuhan dengan hasil kualitas panen yang baik.

*) **penulis korespondensi:** Revan Haidar Hilmy
Email: revanhaidarhilmy@gmail.com

II. PENELITIAN YANG TERKAIT

Beberapa penelitian pernah membahas tentang pengaturan parameter lingkungan pada lingkungan buatan sebagai tempat pertumbuhan untuk tanaman. Penelitian William, dkk pada tahun 2016, dilakukan pemantauan dan pengendalian parameter lingkungan tanaman hidroponik. Sistem tersebut terdiri dari sensor kondisi udara, sensor kelembapan tanah, sensor cahaya, mikrokontroler ATmega16, dan beberapa aktuator. Penelitian ini bertujuan memudahkan dalam melakukan pemantauan dan pengendalian parameter lingkungan. Hasil dari penelitian ini yaitu bahwa sistem dapat menaikkan dan menurunkan suhu air mencapai 57,69%, menaikkan suhu udara mencapai 61,5%, menurunkan suhu udara mencapai 19,23%, menaikkan kelembapan udara mencapai 24,3%, dan mengurangi intensitas cahaya matahari mencapai 55% dari kondisi awal. Namun penelitian ini tidak dapat menurunkan kelembapan udara dan sumber cahaya yang digunakan masih menggunakan cahaya sinar matahari sehingga sistem ini tidak dapat dibuat di dalam ruangan tertutup [4].

Pada penelitian Vernandhes tahun 2016, membahas tentang *Smart Grow Box* dengan *monitoring* suhu dan kelembapan udara melalui internet. Sistem terdiri dari sensor suhu dan kelembapan udara, kelembapan tanah, Arduino Ethernet, dan beberapa aktuator. Penelitian ini bertujuan untuk menyelesaikan permasalahan yang terjadi pada bidang pertanian serta memenuhi kebutuhan pangan di daerah minim lahan pertanian. Sistem ini bekerja dengan mengamati dan mengendalikan parameter-parameter lingkungan yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman. Hasil dari penelitian ini yaitu bahwa sistem yang telah dibuat dapat bekerja dengan

baik, aktuator-aktuator dapat bekerja sesuai dengan batas parameter lingkungan yang ditentukan. Sistem dapat bekerja secara otomatis ataupun manual. Kecepatan rata-rata proses kontrol melalui internet yang terjadi pada penelitian ini yaitu selama 5 detik [5].

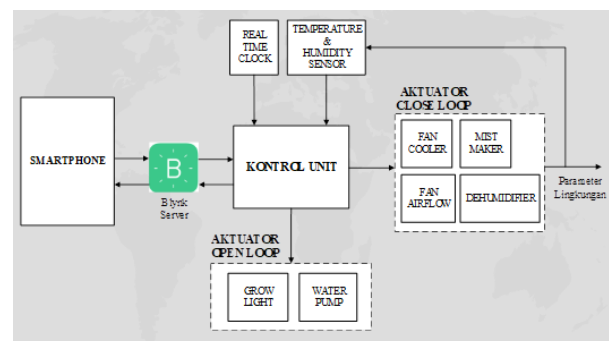
Pada penelitian Saputra yang dilakukan pada tahun 2019, membahas tentang sistem kontrol pada *hydroponics grow room* dengan menggunakan modul ESP8266-01. Penelitian ini bertujuan membuat sistem lingkungan buatan yang dapat digunakan sebagai tempat pertumbuhan tanaman. Sistem ini bekerja dengan mengamati dan mengendalikan parameter-parameter lingkungan yang ada seperti suhu udara, kelembapan udara, pengairan, serta pencahayaan. Hasil dari penelitian ini adalah bahwa sistem dapat bekerja dengan baik, aktuator-aktuator sistem dapat bekerja sesuai dengan kondisi batas parameter lingkungan yang ditentukan. Penelitian ini juga melakukan pengamatan perbandingan penggunaan LED *bulbs* dan LED *grow light*. Hasilnya bahwa LED *bulbs* menyebabkan pertumbuhan kangkung menjadi lebih cepat dibandingkan LED *grow light*, namun batang dan daun tumbuh dengan kondisi pucat [6].

III. METODE PENELITIAN

3.1 Deskripsi Sistem

Sistem yang dibuat pada penelitian ini dirancang untuk dapat mempercepat pertumbuhan tanaman *microgreen* dengan baik yang dapat di-*monitoring* melalui *smartphone*. Sistem dirancang untuk dapat meningkatkan kelembapan udara sistem hingga 90%, menurunkan kelembapan udara hingga 60%, dan juga dapat menurunkan suhu udara hingga 27 °C. Ketiga proses kontrol tersebut dapat dilakukan menggunakan metode *setpoint* batas parameter lingkungan melalui aplikasi yang sudah dibuat di dalam *smartphone* menggunakan aplikasi bernama Blynk. Proses *monitoring* dan kontrol batas parameter lingkungan dapat dilakukan dari jarak jauh melalui internet. Selain itu, sistem ini juga dirancang untuk dapat melakukan proses pencahayaan dan proses pengairan terhadap pertumbuhan tanaman *microgreen*. Proses pencahayaan dirancang untuk aktif selama 16 jam sehari. Sedangkan proses pengairan dirancang untuk aktif sebanyak 5 kali sehari dengan masing-masing selama 10 menit.

Smart Grow Box dirancang tertutup untuk mengisolasi sistem agar suhu dan kelembapan udara ruangan tidak mempengaruhi kondisi lingkungan di dalam sistem. Sistem terdiri dari beberapa aktuator yang diletakkan di dalam *grow box* serta *grow tray* yang digunakan sebagai media tanam tanaman *microgreen*. Berdasarkan spesifikasi sistem yang dibuat, maka sistem dirancang seperti blok diagram yang ditunjukkan pada Gambar 2 berikut.



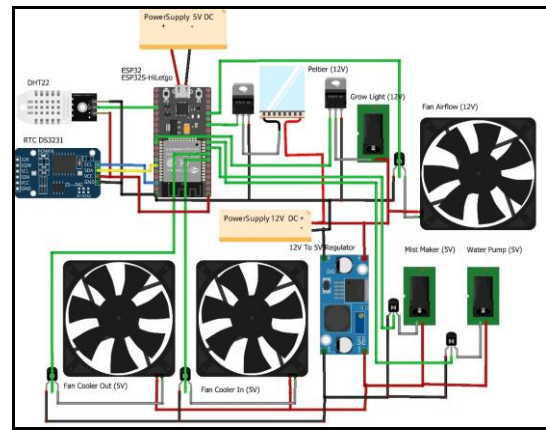
Gambar 2. Blok Diagram Sistem

Berdasarkan blok diagram sistem pada Gambar 2, maka sistem yang dirancang membutuhkan perangkat keras berupa RTC DS3231 serta sensor suhu dan kelembapan udara DHT22 sebagai *input*, mikrokontroler sebagai kontrol, aktuator-aktuator sebagai pengatur parameter lingkungan yang dibutuhkan tanaman, serta *smartphone* yang digunakan sebagai alat monitoring dan kontrol batas parameter lingkungan. Sistem ini menggunakan aktuator-aktuator seperti *mist maker*, *dehumidifier*, *fan cooler*, *grow light*, dan *water pump*. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32 yang dapat dihubungkan dengan *smartphone* dan aplikasi bernama Blynk. Proses *monitoring* dan kontrol dapat dilakukan dari jarak jauh melalui internet, sehingga sistem harus terkoneksi dengan internet. Daftar spesifikasi perangkat keras yang digunakan ditunjukkan pada Tabel I berikut.

TABEL I
SPESIFIKASI PERANGKAT KERAS YANG DIGUNAKAN

No	Jenis Perangkat	Spesifikasi
1	Power supply Aktuator	12 V DC
2	Power adaptor MCU	5 V DC
3	Sensor	Sensor DHT22, 3,3-6V
4	Counter timer	RTC DS3231, 3,3V
5	Unit Mikrokontroler	Node MCU ESP32, 3,3-6V
6	Aktuator <i>mist maker</i>	Modul STDZ-1810, 5 V
7	Aktuator <i>dehumidifier</i>	Peltier 12706, 12 V, 5 A
8	Aktuator <i>fan airflow</i>	Kipas 8 cm x 8 cm, 12 V
9	Aktuator <i>fan cooler</i> sebanyak 4 buah	Kipas 3 cm x 3cm, 5 V
10	Aktuator <i>grow light</i>	SMD5050, Red Blue (3:1), 12 V
11	Aktuator <i>water pump</i>	Mini Submersible, 5 V
12	Aplikasi Kontrol	Blynk App

Prinsip kerja sistem ini diawali dengan *smartphone* dan aplikasi Blynk yang berfungsi sebagai pemberi *input* awal berupa batas awal (*setpoint*) parameter lingkungan yang sudah ditentukan pada program. Kemudian RTC akan menjadi *input* kedua yang akan memberikan *set* waktu untuk sistem sesuai yang diinginkan. Penggunaan RTC digunakan untuk melakukan pengaturan pada aktuator *open loop*. Modul RTC di-*set* untuk dapat melakukan proses pencahayaan menggunakan *grow light* dan melakukan proses penyiraman menggunakan *water pump* pada waktu-waktu yang sudah ditentukan. *Input* ketiga sekaligus *feedback* pada bagian *close loop* yaitu sensor suhu dan kelembapan udara. Penggunaan sensor ini yaitu sebagai pengatur aktuator-aktuator pada bagian *close loop*. Sensor ini akan membaca suhu dan kelembapan udara pada sistem dan akan diteruskan ke aktuator. Data yang terekam dan telah diolah oleh unit mikrokontroler juga akan dikirim dan ditampilkan pada aplikasi *smartphone*. Selain sebagai *monitoring*, *smartphone* juga dapat digunakan untuk melakukan kontrol batas parameter lingkungan yang diinginkan. Berikut ini Gambar 3 yang menunjukkan bentuk *wiring diagram* sistem.



Gambar 3. *Wiring Diagram* Sistem

Berdasarkan Gambar 3, sistem ini memiliki dua *power supply* sebesar 5 V dan 12 V. *Power adaptor* 5 V digunakan sebagai sumber tegangan hanya untuk unit mikrokontroler Node MCU ESP32 saja, sedangkan *power supply* 12 V digunakan sebagai sumber tegangan aktuator. *Power supply* 12 V dilengkapi dengan 12 V to 5 V regulator untuk mengubah tegangan dari 12 V menjadi 5 V yang digunakan sebagai sumber tegangan untuk aktuator yang membutuhkan tegangan sebesar 5 V.

3.2 Perancangan Perangkat Keras

Pada sistem *Smart Grow Box* yang dibuat, *grow light* terletak di paling atas *grow box*, agar *grow light* dapat memberikan pencahayaan secara menyeluruh untuk tanaman *microgreen*. Aktuator *grow light* yang digunakan berupa LED berwarna merah-biru, hal ini dikarenakan dalam proses fotosintesis, tanaman lebih banyak membutuhkan warna spektrum cahaya berupa warna merah dan biru, sering disebut dengan PAR (*Photosynthesis Active Radiation*) [7].

Pada sisi *grow box* terdapat sensor suhu dan kelembapan udara, aktuator *fan cooler out*, *dehumidifier*, *mist maker*, dan *fan airflow*. Pada sisi sebaliknya terdapat aktuator *fan cooler in*. Aktuator *fan cooler in* merupakan aktuator *fan cooler* yang berfungsi untuk memasukkan udara dari luar sistem masuk ke dalam sistem. Sedangkan *fan cooler out* merupakan aktuator *fan cooler* yang berfungsi untuk mengeluarkan udara panas dari dalam sistem menuju keluar sistem.

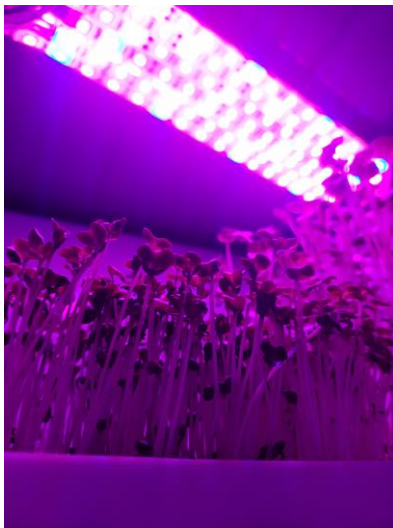
Pada bagian tengah terdapat *grow tray* untuk media tempat pertumbuhan tanaman *microgreen*. Terdapat *water pump* dan wadah air di bawah *grow box*. Wadah tersebut digunakan sebagai tempat penampung air. Air tersebut akan dipompa oleh *water pump* melalui pipa menuju *grow tray* untuk proses penyiraman tanaman *microgreen*, yang nantinya air tersebut akan kembali ke wadah air melalui selang yang terpasang pada *grow tray* menuju wadah air.

Sistem dirancang untuk dapat melakukan kontrol parameter lingkungan yang dibutuhkan tanaman. Parameter lingkungan yang dimaksud yaitu, suhu udara, kelembapan udara, proses waktu pencahayaan, dan proses pengairan. Sistem dirancang untuk dapat menjaga suhu udara lingkungan dengan udara maksimal sesuai dengan batas parameter (*setpoint*) yang ditentukan, serta dapat menjaga kelembapan udara lingkungan dengan kelembapan udara minimal dan kelembapan udara maksimal sesuai dengan batas parameter (*setpoint*) yang ditentukan. Pengaturan batas parameter berupa suhu udara maksimal, kelembapan udara minimal, dan kelembapan udara maksimal, dapat dilakukan melalui *smartphone*.

Pada proses waktu pencahayaan, sistem diatur untuk dapat memberikan pencahayaan selama 16 jam, serta dapat memberikan pengairan secara baik menyeluruh. Sistem ini juga dirancang untuk dapat melakukan *monitoring* dari jauh menggunakan *smartphone*, karena itu sistem dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32, yang memiliki fitur WiFi yang dapat terhubung dengan *router* internet maupun *smartphone*. Realisasi perangkat keras pada *Smart Grow Box* dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5 berikut.

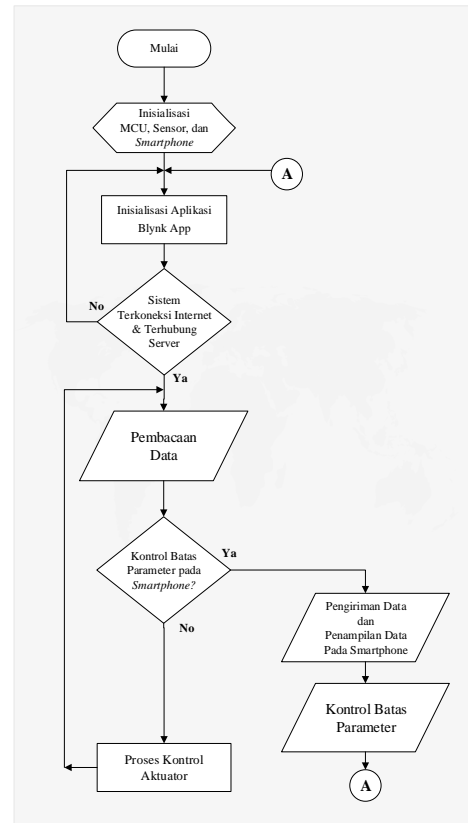


Gambar 4. *Smart Grow Box*



Gambar 5. Tanaman *Microgreen* di dalam *Smart Grow Box*

3.3 Perancangan Perangkat Lunak



Gambar 6. *Flowchart* Sistem

Berdasarkan flowchart sistem pada Gambar 6, sistem diawali dengan melakukan inisialisasi terhadap MCU (*Microcontroller Unit*), sensor, serta *smartphone* yang akan digunakan. Proses inisialisasi parameter dilakukan ketika proses inisialisasi MCU dan sensor terjadi, yaitu memberikan batasan-batasan awal parameter lingkungan yang dibutuhkan tanaman. Proses selanjutnya yaitu proses inisialisasi aplikasi Blynk. Sistem harus terkoneksi dengan internet, dikarenakan untuk dapat menggunakan aplikasi Blynk diperlukan koneksi internet agar dapat terhubung dengan *server* pusat sehingga aplikasi dapat digunakan dengan baik. Setelah sistem terkoneksi internet, kemudian sensor akan mulai melakukan pembacaan data. Data hasil pembacaan akan diteruskan ke proses kontrol aktuator, sesuai dengan batas parameter awal yang sudah ditentukan. *Monitoring* kondisi lingkungan dan kontrol batas parameter dapat dilakukan melalui *smartphone*. Kontrol batas parameter yang dapat diatur menggunakan *smartphone* yaitu suhu maksimum, kelembapan udara minimum, dan kelembapan udara maksimum. Data hasil proses kontrol batas parameter akan diterima oleh aplikasi Blynk melalui internet, dan akan diteruskan kembali ke bagian proses kontrol aktuator. Tampilan aplikasi yang digunakan pada sistem *Smart Grow Box* ditunjukkan pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Tampilan Aplikasi Smart Grow Box

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pengujian pada penelitian ini dilakukan di dalam ruangan tertutup tanpa menggunakan AC (*Air Conditioning*). Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam meningkatkan hasil pertumbuhan tanaman *microgreen*. Proses pengujian terdiri dari beberapa tahap pengujian, yaitu proses pengujian sensor, pengujian aktuator, pengujian aplikasi, serta pengujian perbandingan data hasil pertumbuhan tanaman *microgreen*.

4.1 Pengujian Sensor

Pengujian sensor dilakukan dengan membandingkan data hasil pembacaan oleh sensor DHT22 dan pembacaan oleh termometer dan hygrometer digital Corona GL-89. Pengujian dilakukan pada waktu-waktu berbeda dengan kondisi lingkungan yang berbeda juga. Data hasil pengamatan akan dianalisis dengan menghitung nilai *error* pada sensor DHT22 menggunakan persamaan berikut.

$$Error = \left(\frac{\text{nilai sebenarnya} - \text{nilai ukur}}{\text{nilai sebenarnya}} \right) \times 100\% \quad (1)$$

Adapun data hasil pengujian sensor DHT22 untuk pembacaan suhu udara, dapat dilihat pada Tabel II berikut.

TABEL II
HASIL PENGUJIAN SUHU UDARA SENSOR DHT22

No	Suhu Udara			
	Termometer (°C)	DHT22 (°C)	Selisih (°C)	Error (%)
1	25,2	25,1	0,1	0,4
2	26,2	25,9	0,3	1,1
3	27,1	26,8	0,3	1,1
4	30,2	30,2	0	0
5	28,1	28	0,1	0,4
6	27,5	27,4	0,1	0,4
7	25,5	25,3	0,2	0,8
	Rata-rata		0,15	0,6

Berdasarkan Tabel II, dapat dilihat bahwa nilai rata-rata selisih pada pengujian suhu udara menggunakan DHT22 yaitu sebesar 0,15 °C, sedangkan nilai rata-rata *error*-nya yaitu sebesar 0,6%. Data hasil pengujian sensor DHT22 untuk pembacaan kelembapan udara, dapat dilihat pada Tabel III berikut.

TABEL III
HASIL PENGUJIAN KELEMBAPAN UDARA SENSOR DHT22

No	Kelembapan Udara			
	Termometer (%)	DHT22 (%)	Selisih (%)	Error (%)
1	69	69	0	0
2	66	65	1	1,5
3	61	60	1	1,6
4	58	57	1	1,7
5	59	57	2	3,3
6	55	52	3	5,4
7	52	50	2	3,8
	Rata-rata		1,43	2,47

Berdasarkan Tabel III, dapat dilihat bahwa nilai rata-rata pada pengujian kelembapan udara menggunakan DHT22 yaitu sebesar 1,43%, sedangkan nilai rata-rata *error*-nya yaitu sebesar 2,47%. Sensor DHT22 memiliki keakuratan suhu udara sebesar ±0,5 °C dan kelembapan udara sebesar ±5%. Hal ini menunjukkan bahwa nilai selisih dan nilai *error* pada proses pengujian sensor DHT22 masih dapat ditoleransi.

4.2 Pengujian Aktuator pada Sistem

Pengujian aktuator pada sistem ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan aktuator *mist maker*, *dehumidifier*, dan *fan cooler* dalam mengubah dan menjaga parameter lingkungan yang dibutuhkan tanaman. Dilakukan dengan cara mengaktifkan aktuator-aktuator tersebut selama beberapa waktu. Data parameter diukur menggunakan sensor DHT22.

Pengujian pertama yaitu pengujian aktuator *mist maker*. Data yang didapat berupa waktu yang diperlukan *mist maker* untuk mengubah parameter lingkungan buatan dari kondisi kelembapan udara sebesar 60% menjadi 90%. Waktu diukur menggunakan *stopwatch*. Pengujian dilakukan sebanyak 7 kali. Hasil pengujian aktuator *mist maker* dapat dilihat pada Tabel IV berikut.

TABEL IV
HASIL PENGUJIAN AKTUATOR MIST MAKER

No	Kelembapan Udara Sistem (%)		Waktu (detik)
	Awal	Akhir	
	1	60	
2	60	90	54
3	60	90	54
4	60	90	53
5	60	90	53
6	60	90	55
7	60	90	54
	Rata-rata		54

Berdasarkan Tabel IV, dapat dilihat bahwa aktuator *mist maker* dapat meningkatkan kondisi kelembapan udara dari 60% menjadi 90%. Waktu yang dibutuhkan sedikit berbeda antara satu percobaan dengan percobaan lainnya. Hal ini dikarenakan suhu yg terjadi pada saat percobaan tidak sama. Waktu rata-rata yang dibutuhkan *mist maker* untuk meningkatkan kelembapan udara dari 60% menjadi 90% yaitu sekitar 54 detik.

Pengujian kedua yaitu pengujian aktuator *dehumidifier*. Data yang didapat berupa total penurunan kelembapan udara serta selisih antara kelembapan udara ruangan dan kelembapan udara akhir sistem. Pengujian dilakukan sebanyak 7 kali dengan diawali mencari nilai selisih kelembapan udara ruangan dan awal sistem. Nilai selisih

kelembapan udara ruangan dan awal sistem pada semua percobaan memiliki nilai yang sama yaitu sebesar 2%. Dengan begitu walaupun nilai kelembapan udara awal sistem berbeda-beda, namun tetap dapat digunakan sebagai nilai awal dalam melakukan pengujian. Hasil pengujian aktuator *dehumidifier* dapat dilihat pada Tabel V berikut.

TABEL V
HASIL PENGUJIAN AKTUATOR *DEHUMIDIFIER*

No	Kelembapan Udara			Total Penurunan Kelembapan Udara (%)	Selisih Ruangan dan Akhir (%)
	Ruangan (%)	Awal (%)	Akhir (%)		
1	56	58	52	6	4
2	55	57	50	7	5
3	51	53	47	6	4
4	54	56	49	7	5
5	54	56	49	7	5
6	55	57	50	7	5
7	53	55	48	7	5
Rata-rata				6,71	4,71

Berdasarkan Tabel V, dapat dilihat bahwa nilai kelembapan udara akhir sistem selalu lebih rendah dibandingkan nilai kelembapan udara ruangan. Nilai rata-rata selisih kelembapan udara ruangan dan kelembapan udara akhir sistem yang dapat dicapai aktuator *dehumidifier* yaitu sebesar 4,71%. Hal ini membuktikan bahwa aktuator *dehumidifier* dapat digunakan dengan baik.

Pengujian ketiga yaitu pengujian aktuator *fan cooler*. Data yang didapat berupa total penurunan suhu udara serta selisih antara suhu udara ruangan dan suhu udara akhir sistem. Pengujian dilakukan sebanyak 7 kali dengan diawali mencari nilai selisih suhu udara ruangan dan awal sistem. Nilai selisih suhu udara ruangan dan awal sistem pada semua percobaan memiliki nilai yang sama yaitu sebesar 2,9°C. Dengan begitu walaupun nilai suhu udara awal sistem berbeda-beda, namun tetap dapat digunakan sebagai nilai awal dalam melakukan pengujian. Hasil pengujian aktuator *fan cooler* dapat dilihat pada Tabel VI berikut.

TABEL VI
HASIL PENGUJIAN AKTUATOR *FAN COOLER*

No	Suhu Udara			Total Penurunan Suhu Udara (°C)	Selisih Ruangan dan Akhir (°C)
	Ruangan (°C)	Awal (°C)	Akhir (°C)		
	26	28,9	26,1	2,8	0,1
	25,9	28,8	26	2,8	0,1
	25,9	28,8	26	2,8	0,1
	26	28,9	26	2,9	0
	26,5	29,4	26,6	2,8	0,1
	26,2	29,1	26,3	2,8	0,1
	26,1	29	26,1	2,9	0
Rata-rata				2,83	0,07

Berdasarkan Tabel VI, dapat dilihat bahwa nilai suhu udara akhir sistem selalu lebih tinggi dibandingkan nilai suhu udara ruangan. Hal ini dikarenakan panas yang ditimbulkan oleh aktuator *grow light* masih sedikit terisolasi di dalam *growbox*. Dapat dilihat juga bahwa nilai selisih pada setiap percobaan memiliki nilai selisih mendekati nilai 0, seperti diketahui bahwa sistem kerja dari aktuator ini yaitu

menggunakan udara ruangan sebagai pendingin. Nilai rata-rata selisih suhu udara ruangan dan suhu udara akhir sistem yang dapat dicapai aktuator *fan cooler* yaitu sebesar 0,07 °C. Hal ini membuktikan bahwa aktuator *fan cooler* dapat digunakan dengan baik.

4.3 Pengujian Aplikasi pada *Smartphone*

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bahwa aplikasi yang digunakan pada sistem dapat berjalan dengan baik. Data yang didapat pada pengujian ini berupa bukti indikator untuk aktuator yang aktif yang ditampilkan oleh aplikasi Blynk ketika melakukan kontrol batas parameter lingkungan buatan. Pengujian dilakukan sebanyak 1 kali percobaan, seperti yang ditunjukkan pada Tabel VII berikut.

TABEL VII
HASIL PENGUJIAN INDIKATOR PADA APLIKASI

No	Indikator Aktuator	Keterangan
1	LED <i>grow light</i>	Aktif
2	<i>Water pump</i>	Aktif
3	<i>Mist maker</i>	Aktif
4	<i>Dehumidifier</i>	Aktif
5	<i>Fan airflow</i>	Aktif
6	<i>Fan cooler</i>	Aktif

Berdasarkan Tabel VII, dapat dilihat bahwa semua *widget* indikator untuk aktuator yang aktif dapat berfungsi dengan baik. *Widget* indikator aktuator pada aplikasi akan aktif menyala sesuai dengan aktuator yang sedang berjalan. Hal ini menyimpulkan bahwa aplikasi Blynk dapat digunakan sebagai alat kontrol dan *monitoring* sistem dari jarak jauh berbasis *internet of things*.

4.4 Pengujian Perbandingan Data Hasil Pertumbuhan Tanaman *Microgreen*

Pada tahap ini dilakukan pengujian hasil pertumbuhan tanaman *microgreen*. Pada proses pengujian ini, data yang akan didapat yaitu berupa perbandingan berat hasil pertumbuhan tanaman *microgreen* menggunakan *Smart Grow Box* dan tanpa menggunakan *Smart Grow Box*. Jenis tanaman yang digunakan yaitu tanaman *microgreen* jenis lobak merah (*Red Radish*). Proses panen dilakukan pada hari ke-9 setelah proses penanaman. Tanaman *microgreen* pertama diletakkan pada *grow box* 1, yaitu *grow box* tanpa memperhatikan parameter lingkungan yang tepat dengan kondisi lingkungan suhu udara 30 °C dan kelembapan udara 78%. Tanaman *microgreen* kedua diletakkan pada *grow box* 2 (*Smart Grow Box*). *Grow box* 1 dan *grow box* 2 memiliki ukuran dan bahan yang sama dan disertai pencahayaan dengan tingkat intensitas cahaya yang sama.

50 sampel dari masing-masing tanaman *microgreen* yang tumbuh di *grow box* 1 dan *grow box* 2 akan diambil secara acak. Kemudian 50 sampel tadi ditimbang menggunakan timbangan digital tipe Digital Scale I-2000. Nilai yang tercatat pada timbangan digital akan dicatat dan kemudian dianalisis. Pengujian berat hasil pertumbuhan tanaman *microgreen* dilakukan sebanyak 3 kali pengujian dengan masing-masing terdiri dari 50 sampel yang berbeda seperti dapat dilihat pada Tabel VIII berikut.

TABEL VIII
HASIL PENGUJIAN PERTUMBUHAN TANAMAN *MICROGREEN*

No	Jumlah Sampel	Berat tanaman hasil pertumbuhan (g)	
		Grow Box 1	Smart Grow Box
1	50	8,6	11
2	50	7,8	12,2
3	50	8,3	11,2
Rata-rata		8,23	11,47

Dari data-data yang diperlihatkan di atas, dapat disimpulkan bahwa *Smart Grow Box* ini dinilai dapat membuat pertumbuhan tanaman *microgreen* menjadi lebih baik.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dari penelitian yang sudah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sensor DHT22 yang digunakan pada sistem memiliki nilai *error* suhu udara sebesar 0,6% dan *error* kelembapan udara sebesar 2,47%.
2. *Smart Grow Box* dapat menurunkan kelembapan udara hingga 4,71% lebih rendah dibandingkan kelembapan udara ruangan, meningkatkan kelembapan udara menjadi 90% dalam waktu rata-rata 54 detik, dan dapat menurunkan suhu udara mendekati suhu udara ruangan dengan selisih 0,07 °C.
3. *Smart Grow Box* dapat bekerja secara otomatis serta dapat di-*monitoring* dari jarak jauh dengan berbasis *internet of things*.
4. *Smart Grow Box* dapat meningkatkan kualitas panen tanaman *microgreen* hingga 40%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Weber, Carolyn F. (2017). Broccoli Microgreens: A Mineral-Rich Crop That Can Diversify Food Systems. *Frontiers In Nutrition*, Vol-4, Article-7.
- [2] Xiao, Z., Wang, Q., Lester, G., & Luo, Y. (2012). Assessment of Vitamin and Carotenoid Concentrations of Emerging Food Products: Edible Microgreens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol-60: 7644-7651.
- [3] Tamilselvi, N.A., & Arumugam, T. (2018). Microgreens – A Multi Mineral and Nutrient Rich Food. *International Society for Horticultural Science*, Vol-58, Number-1.
- [4] William, Suharto, H., & Tanudjaja, H. (2016). Sistem Pemantauan dan Pengendalian Parameter Lingkungan Pertumbuhan Pada Tanaman Hidroponik. *TESLA*. Vol-18: No.2
- [5] Vernandhes, W., Salahuddin, N. S., & Kowanda, A. (2016). Smart Growbox Design with Temperature and Humidity Monitoring System via The Internet. *Teknoin*. Vol-XX: 1-5.
- [6] Saputra, A., Hajar, Muhammad H. I., Bahrain, Ahmad R., (2019). Sistem Kontrol Pada Hydroponics Grow Room dengan Menggunakan Module ESP8266-01. *Jurnal Teknologi Elektro*. Vol-10: No.1
- [7] McCree. (1972). The Action Spectrum, Absorptance and Quantum Yield of Phoyosynthesis in Crop Plants. *Agric Meteorol*, 9(3-4)191-216.