

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab 4 ini, berisikan hasil pengujian dan pembahasan mengenai *monitoring* hidroponik tanaman tomat ceri secara otomatis menggunakan telegram bot. Pengujian yang dilakukan sesuai dengan yang dijelaskan pada bab 3. Pengujian yang dilakukan yaitu meliputi pengujian sistem pada setiap sensor dan parameter *Quality of Service* (QoS) yaitu perhitungan *delay*.

4.1 HASIL PERANCANGAN SISTEM

Perancangan sistem *monitoring* hidroponik untuk tanaman tomat ceri secara otomatis menggunakan telegram ini terdiri dari berbagai komponen yang dirangkai menjadi satu rangkaian.

4.4.3 Hasil Perancangan *Hardware*

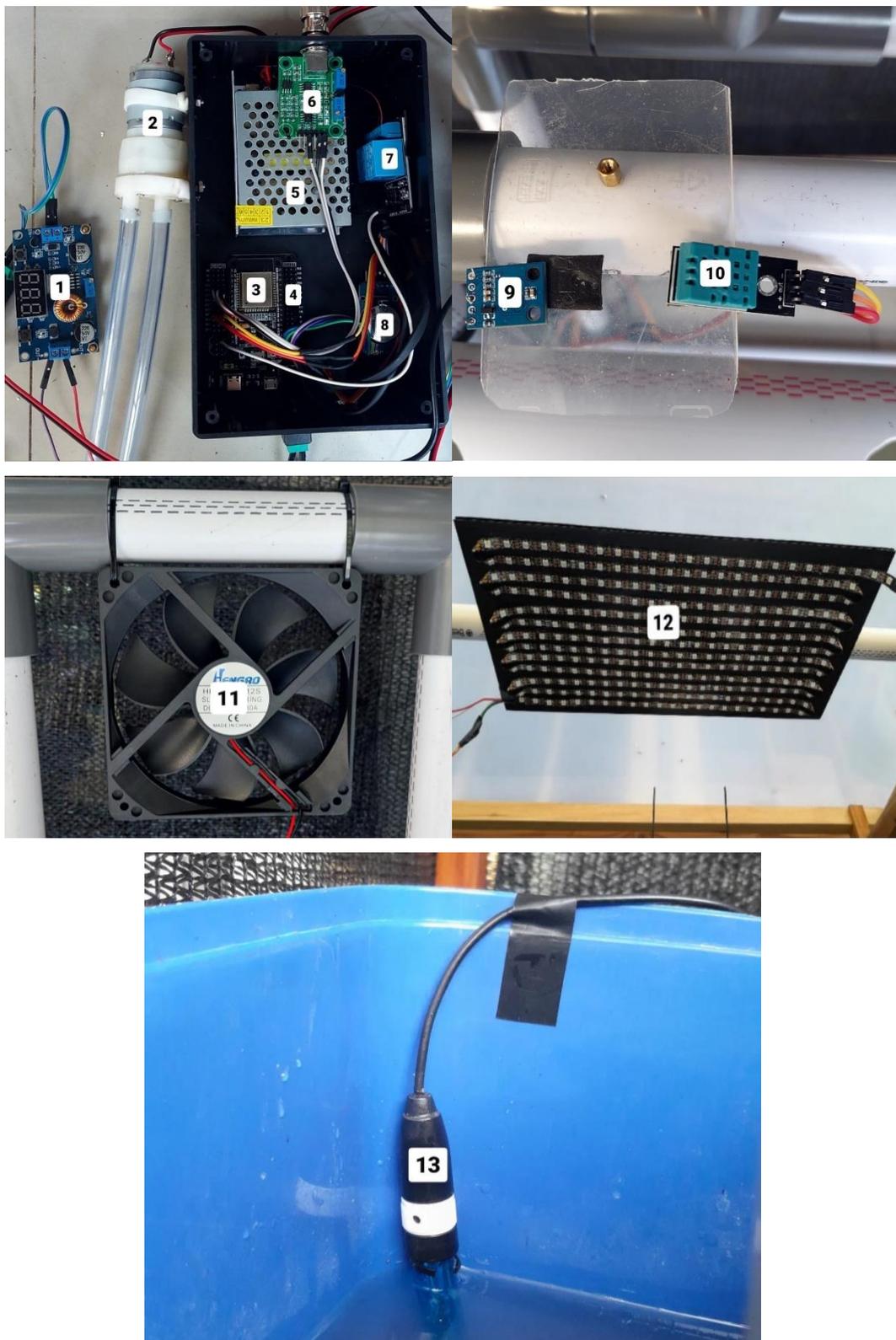
Hasil perancangan *hardware* untuk *monitoring* hidroponik tomat ceri dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Hasil perancangan desain *hardware*

Pada Gambar 4.1 merupakan gambar dari hasil perancangan desain *hardware* yang digunakan, *hardware* tersebut untuk rumah hidroponik memiliki panjang 100 cm, lebar 90 cm, dan tinggi 110 cm, untuk hidroponik NFT memiliki panjang 65 cm, lebar 40 cm, dan tinggi 90 cm. Pada *hardware* tersebut terdapat

pipa yang memiliki panjang 40 cm yang digunakan untuk tempat tanaman tomat ceri, setiap pipa terdiri dari 3 tanaman tomat ceri.



Gambar 4.2 Rangkaian komponen *hardware*

Pada Gambar 4.2 merupakan rangkaian komponen yang digunakan pada perancangan sistem, untuk keterangan sebagai berikut:

1. *Step down*, berfungsi untuk menurunkan tegangan 12 volt pada adaptor menjadi tegangan 5 volt.
2. *Water pump*/ pompa air yang digunakan untuk penyerap dan pendorong air nutrisi.
3. ESP32 yang merupakan komponen pengendali utama, digunakan untuk memproses atau mengolah data yang nantinya akan ditampilkan pada telegram bot berupa notifikasi.
4. *Expansion* digunakan untuk menambahkan jumlah pin esp32.
5. *Power Supply* 12 volt digunakan untuk mensupply daya.
6. Modul PH digunakan untuk memproses sinyal dari sensor ph menjadi nilai ph.
7. *Relay* digunakan untuk mengatur nyala dan mati kipas.
8. RTC digunakan untuk mengatur waktu secara *real-time*.
9. Sensor BH1750 digunakan untuk mengukur intensitas cahaya.
10. Sensor DHT11 digunakan untuk mengukur suhu disekitar tanaman hidroponik yaitu didalam rumah jaring.
11. Kipas digunakan untuk mendinginkan suhu didalam rumah jaring jika suhu terlalu panas.
12. LED *UV Grow Light Strip* WS2812Bs digunakan sebagai pencahayaan tanaman hidroponik jika kekurangan cahaya dari matahari.
13. Sensor PH 4502-C yang digunakan untuk mengukur nilai pH larutan nutrisi.

4.2 PENGUJIAN SENSOR DAN ALAT PEMBANDING

Pada pengujian sensor dan alat pembanding ini sensor-sensor yang digunakan akan dibandingkan dengan alat pembanding dan dilakukan perhitungan *error* dan akurasi pada setiap sensor. Untuk sensor BH1750 dibandingkan dengan alat pembanding berupa lux meter, sensor DHT11 dibandingkan dengan alat pembanding berupa termometer, dan sensor PH 4502-C dibandingkan dengan alat pembanding berupa pH meter. Untuk menghitung nilai *error* dapat dilakukan perhitungan dengan persamaan 2.1 dan untuk akurasi dapat dilakukan perhitungan dengan persamaan 2.2.

4.2.1 Pengujian sensor BH1750 dengan lux meter

Pada pengujian ini sensor BH1750 dengan alat pembanding berupa lux meter didekatkan pada sumber cahaya yang sama dengan jarak dan waktu yang sama dan dilakukan sebanyak 30 kali pengujian untuk mendapatkan data. Perhitungan *error* dan akurasi dapat menggunakan persamaan 2.1 dan 2.2. dengan cara pengukuran sensor BH1750 dan lux meter ditempatkan pada hidroponik, sensor BH1750 dan lux meter ditempatkan bersebelahan, selanjutnya sensor BH1750 dan lux meter melakukan pendeteksian intensitas cahaya, nilai yang dideteksi oleh sensor BH1750 dinamakan nilai sensor dan nilai yang dideteksi oleh lux meter dinamakan nilai pembanding, setelah data-data didapatkan langkah selanjutnya yaitu menghitung nilai *error* dan akurasi dengan persamaan 2.1 dan 2.2 setelah dilakukan perhitungan *error* dan akurasi, nilai dari perhitungan *error* 30 data pengujian kemudian di total dan di hitung nilai rata-rata *error*, nilai dari perhitungan akurasi 30 data pengujian kemudian di total dan di hitung nilai rata-rata akurasi.

Tabel 4.1 Pengujian sensor BH1750 dengan lux meter

No	Waktu	Sensor BH1750 (Lux)	Lux meter (Lux)	Error (%)	Akurasi (%)
1	Pagi (06.30 – 06.40 WIB)	266,67	266	0,252	99,748
2		270,83	280	3,275	96,725
3		268,33	257	4,408	95,592
4		250,83	246	1,963	98,037
5		268,33	252	6,488	93,512
6		252,50	250	1	99
7		263,33	260	1,288	98,712
8		277,50	270	2,778	97,222
9		275,83	280	1,489	98,511
10		280	287	2,439	97,561
11	Siang (13.00 – 13.10 WIB)	1563,33	1598	2,17	97,83
12		1643,33	1634	0,571	99,429
13		1611,67	1657	2,732	97,268
14		1700	1745	2,575	97,425
15		1750,83	1816	3,586	96,414
16		1782,50	1867	4,522	95,478
17		1882,50	1929	2,407	97,593
18		1805,00	1862	3,06	96,94
19		1840,83	1836	0,263	99,737

No	Waktu	Sensor BH1750 (Lux)	Lux meter (Lux)	Error (%)	Akurasi (%)
20	Siang (13.00 – 13.10 WIB)	1745,83	1768	1,254	98,746
21		1653,33	1632	1,307	98,693
22	Malam (20.30 – 20.40 WIB)	93,33	93	0,355	99,645
23		92,50	93	0,538	99,462
24		94,17	96	1,906	98,094
25		94,17	95	0,874	99,126
26		95,00	97	2,062	97,938
27		95,00	95	0	100
28		95,83	96	0,177	99,823
29		91,67	90	1,856	98,144
30		94,17	94	0,181	99,819
Total				57,776	2942,224
Rata-rata				1,925	98,074

Pada tabel Tabel 4.1 yang merupakan tabel data pengujian sensor BH1750 dengan alat pembanding berupa lux meter dengan didapatkan 30 data beserta perhitungan *error%* dan akurasi. Untuk menghitung nilai *error%* dan akurasi sebagai contoh yaitu menggunakan data sensor BH1750 dan lux meter pada data nomor 1 yang dapat dihitung dengan persamaan 2.1 dan 2.2.

Perhitungan *error*:

$$\begin{aligned}
 \text{Error (\%)} &= \frac{|\text{nilai sensor} - \text{nilai pembanding}|}{\text{nilai pembanding}} \times 100\% \\
 &= \frac{|266,67 - 266|}{266} \times 100\% \\
 &= 0,252\%
 \end{aligned}$$

Perhitungan akurasi:

$$\begin{aligned}
 \text{Akurasi} &= 100\% - \text{error (\%)} \\
 &= 100\% - 0,252\% \\
 &= 99,748\%
 \end{aligned}$$

Dari data pada Tabel 4.1 didapatkan data sebanyak 30 data dan dengan rata-rata *error%* sebesar 1,925 serta didapatkan nilai rata-rata akurasi sebesar 98,074%. Dari hasil perhitungan *error%* dan akurasi sensor BH1750 yang digunakan pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa sensor BH1750 yang digunakan memiliki tingkat keakuratan yang baik dalam pembacaan intensitas cahaya untuk tanaman hidroponik.

4.2.2 Pengujian sensor DHT11 dengan termometer

Pada pengujian ini sensor DHT11 dengan termometer didekatkan pada ruangan dengan waktu yang sama dan dilakukan sebanyak 30 kali pengujian untuk mendapatkan data. Pengukuran *error* dan akurasi dapat menggunakan persamaan 2.1 dan 2.2. dengan cara pengukuran sensor DHT11 dan termometer ditempatkan pada hidroponik, sensor DHT11 dan termometer ditempatkan bersebelahan, selanjutnya sensor DHT11 dan termometer melakukan pendeteksian suhu, nilai yang dideteksi oleh sensor DHT11 dinamakan nilai sensor dan nilai yang dideteksi oleh termometer dinamakan nilai pembanding, setelah data didapatkan langkah selanjutnya yaitu menghitung nilai *error* dan akurasi dengan persamaan 2.1 dan 2.2 setelah dilakukan perhitungan *error* dan akurasi, nilai dari perhitungan *error* 30 data pengujian kemudian di total dan di hitung nilai rata-rata *error*, nilai dari perhitungan akurasi 30 data pengujian kemudian di total dan di hitung nilai rata-rata akurasi.

Tabel 4. 2 Pengujian sensor DHT11 dengan termometer

No	Waktu	Sensor DHT11 (°C)	Termometer (°C)	Error (%)	Akurasi (%)
1	Pagi – Sore (11.00 – 15.15 WIB)	28	26	7,692	92,308
2		28,50	26,8	6,343	93,657
3		28,90	27,1	6,649	93,351
4		27,30	29	5,862	94,138
5		29,80	28	6,429	93,571
6		31	29,1	6,527	93,473
7		31,30	30	4,333	95,667
8		31,30	29,9	4,682	95,318
9		30,20	29,5	2,373	97,627
10		29,80	28,8	3,472	96,528
11		29,30	28,7	2,091	97,909
12		28,90	28,3	2,123	97,877
13		28,50	27,8	2,518	97,482
14		28	27,4	2,19	97,81
15		26,70	26,2	1,908	98,092
16		26,70	26,1	2,299	97,701
17		26,20	25,9	1,158	98,842
18		25,3	24,3	4,115	95,885

No	Waktu	Sensor DHT11 (°C)	Termometer (°C)	Error (%)	Akurasi (%)
19	Pagi – Sore (11.00 – 15.15 WIB)	25,80	24,5	5,306	94,694
20		26,30	25,1	4,781	95,219
21		27,10	25,6	5,859	94,141
22		28	26,5	5,660	94,340
23		28,50	27	5,556	94,444
24		32	31	3,226	96,774
25		33,80	32,3	4,64	95,36
26		30,80	30,3	1,65	98,35
27		29,30	27,3	7,32	92,68
28		32,80	31,20	5,13	94,87
29		28	26,9	4,08	95,92
30		28,50	27,6	3,26	96,74
Total				129,232	2870,498
Rata-rata				4,307	95,683

Pada Tabel 4.2 yang merupakan tabel data pengujian sensor DHT11 dengan alat pembanding berupa termometer dengan didapatkan 30 data beserta perhitungan *error%* dan akurasi. Untuk menghitung nilai *error%* dan akurasi sebagai contoh yaitu menggunakan data sensor DHT11 dan termometer pada data nomor 1 yang dapat dihitung dengan persamaan 2.1 dan 2.2.

Perhitungan *error*:

$$\begin{aligned}
 \text{Error (\%)} &= \frac{|\text{nilai sensor} - \text{nilai pembanding}|}{\text{nilai pembanding}} \times 100\% \\
 &= \frac{|28 - 26|}{26} \times 100\% \\
 &= 7,692\%
 \end{aligned}$$

Perhitungan akurasi:

$$\begin{aligned}
 \text{Akurasi} &= 100\% - \text{error (\%)} \\
 &= 100\% - 7,692\% \\
 &= 92,308\%
 \end{aligned}$$

Dari data pada Tabel 4.2 didapatkan data sebanyak 30 data dan dengan rata-rata *error%* sebesar 4,307 serta didapatkan nilai rata-rata akurasi sebesar 95,683%. Untuk tingkat kesalahan keakurasian dari sensor DHT11 yaitu $\pm 2^\circ\text{C}$, dari hasil perhitungan *error%* dan akurasi sensor DHT11 yang digunakan pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa sensor DHT11 yang digunakan memiliki tingkat keakuratan yang baik dalam pembacaan suhu pada lingkungan hidroponik.

4.2.3 Pengujian sensor pH 4502-C dengan pH meter

Pada pengujian ini sensor PH 4502-C dengan pH meter dicelupkan pada air dengan kandungan pH yang sama dan dilakukan sebanyak 30 kali pengujian.

Pengukuran *error* dan akurasi dapat menggunakan persamaan 2.1 dan 2.2. dengan cara pengukuran sensor PH 4502-c dan pH meter ditempatkan pada hidroponik, sensor PH 4502-c dan pH meter dicelupkan kedalam larutan nutrisi dan ditempatkan bersebelahan, selanjutnya sensor PH 4502-c dan pH meter melakukan pendeteksian nilai pH, sensor pH akan mendeteksi elektroda dari larutan nutrisi kemudian pada modul pH akan diproses untuk menhsailkan nilai *output* berupa nilai pH kemudian diproses pada ESP32, nilai yang dideteksi oleh sensor pH 4502-c dinamakan nilai sensor dan nilai yang dideteksi oleh pH meter dinamakan nilai pembanding, setelah data didapatkan langkah selajutnya yaitu menghitung nilai *error* dan akurasi dengan persamaan 2.1 dan 2.2 setelah dilakukan perhitungan *error* dan akurasi, nilai dari perhitungan *error* 30 data pengujian kemudian di total dan di hitung nilai rata-rata *error*, nilai dari perhitungan akurasi 30 data pengujian kemudian di total dan di hitung nilai rata-rata akurasi.

Tabel 4.3 Pengujian sensor PH 4502-c dengan pH meter

No	Waktu	Sensor pH 4502-C	pH meter	<i>Error</i> (%)	Akurasi (%)
1	Pagi – Sore (11.00 – 15.15 WIB)	6,37	6,2	2,74	97,26
2		6,36	6,2	2,58	97,42
3		6,36	6,2	2,58	97,42
4		6,36	6,2	2,58	97,42
5		6,33	6,2	2,09	97,91
6		6,37	6,2	2,74	97,26
7		6,36	6,2	2,58	97,42
8		6,33	6,2	2,09	97,91
9		6,38	6,2	2,90	97,10
10		6,37	6,2	2,74	97,26
11		6,37	6,2	2,74	97,26
12		6,33	6,2	2,09	97,91
13		6,38	6,2	2,90	97,10
14		6,33	6,2	2,09	97,91
15		6,37	6,2	2,74	97,26
16		6,39	6,2	3,06	96,94
17		6,35	6,2	2,41	97,58
18		6,34	6,2	2,25	97,74

No	Waktu	Sensor pH 4502-C	pH meter	Error (%)	Akurasi (%)
19	Pagi – Sore (11.00 – 15.15 WIB)	6,37	6,2	2,74	97,26
20		6,40	6,2	3,23	96,77
21		6,35	6,2	2,41	97,58
22		6,40	6,2	3,23	96,77
23		6,43	6,2	3,70	96,29
24		6,33	6,2	2,09	97,91
25		6,33	6,2	2,09	97,91
26		6,35	6,2	2,41	97,58
27		6,33	6,2	2,09	97,91
28		6,37	6,2	2,74	97,26
29		6,33	6,2	2,09	97,91
30		6,34	6,2	2,25	97,74
Total				76,97	2922,97
Rata-rata				2,56	97,432

Pada Tabel 4.3 yang merupakan tabel data pengujian sensor PH 4502-C dengan alat pembanding berupa pH meter dengan didapatkan 30 data beserta perhitungan *error%* dan akurasi. Untuk menghitung nilai *error%* dan akurasi sebagai contoh yaitu menggunakan data sensor PH 4502-C dan thermometer pada data nomor 1 yang dapat dihitung dengan persamaan 2.1 dan 2.2.

Perhitungan *error*:

$$\begin{aligned}
 \text{Error (\%)} &= \frac{|\text{nilai sensor} - \text{nilai pembanding}|}{\text{nilai pembanding}} \times 100\% \\
 &= \frac{|6,37 - 6,2|}{6,2} \times 100\% \\
 &= 2,74\%
 \end{aligned}$$

Perhitungan akurasi:

$$\begin{aligned}
 \text{Akurasi} &= 100\% - \text{error (\%)} \\
 &= 100\% - 2,74\% \\
 &= 97,26\%
 \end{aligned}$$

Dari data pada Tabel 4.3 didapatkan data sebanyak 30 data dan dengan rata-rata *error%* sebesar 2,56 mserta didapatkan nilai rata-rata akurasi sebesar 97,432%. Dari hasil perhitungan *error%* dan akurasi sensor pH 4502-c yang digunakan pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa sensor pH 4502-c yang digunakan memiliki tingkat keakuratan yang baik dalam pembacaan pH air nutrisi untuk tanaman hidroponik.

4.3 PENGUJIAN *QUALITY OF SERVICE (DELAY)*

Pada penelitian ini, pengujian *delay* dihitung dari selisih waktu antara data yang dikirim oleh serial monitor dan data yang diterima pada aplikasi telegram. Proses pengukuran *delay* diambil data waktu pengiriman dari serial monitor dan membandingkannya dengan waktu penerimaan data pada telegram untuk menentukan berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk data tersebut sampai ke tujuan, setelah dihitung selisihnya kemudian selisih tersebut ditotal dan menghasilkan total *delay*. Pengujian *delay* ini dilakukan 10 kali percobaan atau 10 data yang terkirim. Untuk menghitung *delay* total menggunakan persamaan 2.6 Untuk tabel data pengujian *delay* dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data pengujian *delay*

No	Waktu Kirim (Serial Monitor)	Waktu Terima (Telegram)	Delay (Second)
1.	21:59:59	21:0:04	5
2.	22:0:10	22:0:15	5
3.	22:0:23	22:0:25	2
4.	22:0:32	22:0:37	5
5.	22:1:3	22:1:9	6
6.	22:1:25	22:1:27	2
7.	22:1:36	22:1:38	2
8.	22:1:46	22:1:50	4
9.	22:2:0	22:2:3	3
10.	22:2:11	22:3:13	2
Total <i>Delay</i>			36
<i>Delay</i> rata-rata			3,6

Dari data pada tabel 4.4 yang merupakan tabel pengujian *delay*, untuk menghitung rata-rata *delay* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Delay rata-rata} &= \frac{\text{Total Delay}}{\text{Total paket yang diterima}} \\ &= \frac{36}{10} \\ &= 3,6 \text{ s} \\ &= 3600 \text{ ms} \end{aligned}$$

Berdasarkan data pengujian yang dilakukan, didapatkan 10 data dengan *delay* rata-rata sebesar 3,6 s atau 3600 ms. Menurut Tabel 2.10, *delay* yang dihasilkan ini masuk dalam kategori "jelek" karena melebihi 450 ms. Faktor-faktor

yang dapat mempengaruhi *delay* tersebut antara lain koneksi internet yang lambat atau kurang stabil dan banyaknya pengguna telegram yang mengakibatkan server telegram menjadi sibuk.

4.4 PENGUJIAN KESELURUHAN SISTEM

Pada pengujian keseluruhan sistem ini sistem *monitoring* tanaman hidroponik tomat ceri ini dilakukan pengujian pada hari yang sama dimana pengujian dilakukan pada pagi hari, siang hari dan malam hari.

Tabel 4.5 Sensor intensitas cahaya BH1750

Waktu	Rata-rata intensitas cahaya (lux)	Kondisi LED (Nyala/mati)
Pagi (09.00 WIB)	740,285	Mati
Siang (12.00 WIB)	1024,048	Mati
Malam (21.20 WIB)	8,33	Nyala

Pada Tabel 4.5 merupakan pengujian sensor intensitas cahaya yaitu BH1750, sensor BH1750 diuji pada waktu pagi, siang dan malam hari pada hari yang sama. Untuk intensitas cahaya optimal yaitu pada intensitas cahaya 32 – 108 lux, jadi intensitas cahaya minimal 32 lux dan intensitas cahaya maksimal 108 lux, jika intensitas cahaya yang terdeteksi oleh sensor BH1750 > 108 lux maka LED mati dan jika intensitas cahaya yang terdeteksi oleh sensor BH1750 < 32 lux maka LED menyala. Dari Tabel 4.5 didapatkan data pada pagi hari rata-rata intensitas cahaya sebesar 740,285 lux, kondisi LED mati karena intensitas cahaya yang terdeteksi oleh sensor BH1750 lebih dari 108 lux. Pada siang hari intensitas cahaya rata-rata sebesar 1024,048 lux, kondisi LED mati karena intensitas cahaya yang terdeteksi oleh sensor BH1750 lebih dari 108 lux. Pada sore hari rata-rata intensitas cahaya sebesar 8,33 lux, kondisi LED nyala karena intensitas cahaya yang terdeteksi oleh sensor BH1750 kurang dari 32 lux.

Tabel 4.6 Sensor suhu DHT11

Waktu	Rata-rata Suhu (°C)	Kondisi Kipas (<i>fan</i>) (Nyala/mati)
Pagi (09.00 WIB)	28	Mati
Siang (12.00 WIB)	30,20	Nyala
Malam (21.20)	25,80	Mati

Pada Tabel 4.6 merupakan pengujian sensor suhu yaitu DHT11, sensor DHT11 diuji pada waktu pagi, siang dan malam hari pada hari yang sama. Suhu yang baik untuk pertumbuhan tanaman yaitu maksimal 30°C. Pada tabel 4.6 didapatkan data pagi hari rata-rata suhu sebesar 28°C, kondisi kipas mati karena suhu yang terdeteksi kurang dari 30°C. Pada siang hari suhu rata-rata sebesar 30,20°C, kondisi kipas nyala karena suhu yang terdeteksi lebih dari 30°C. Pada sore hari rata-rata suhu sebesar 25,80, kondisi kipas mati karena suhu yang terdeteksi kurang dari 30°C.

Tabel 4.7 Sensor PH 4502-C

Waktu	Rata-rata pH	Kondisi pH meter
Pagi (09.00 WIB)	6,36	6,2
Siang (12.00 WIB)	6,33	6,2
Malam (21.20 WIB)	6,57	6,2

Pada Tabel 4.7 merupakan pengujian sensor sensor PH 4502-c, sensor PH 4502-C diuji pada waktu pagi, siang dan malam hari pada hari yang sama. Pada pagi hari rata-rata pH sebesar 6,36, kondisi pH meter 6,2. Pada siang hari pH rata-rata sebesar 6,19, kondisi pH meter 6,2. Pada sore hari rata-rata pH sebesar 6,57 kondisi pH meter 6,2.

Pada penelitian yang berjudul *monitoring* tanaman hidroponik metode *Nutrient Film Technique* (NFT) secara otomatis menggunakan telegram bot berbasis *Internet of Things* komponen utama yang digunakan terdiri dari ESP32

sebagai mikrokontroler, sensor BH1750 untuk mendeteksi intensitas cahaya, sensor PH 4502-C untuk mendeteksi pH larutan nutrisi, LEG UV *grow light* WS2812B untuk penerangan pada malam hari, kipas untuk mendinginkan suhu, pompa yang digunakan untuk menyedot larutan nutrisi dan bak yang digunakan untuk wadah larutan nutrisi. Pada penelitian ini hidroponik ditempatkan di teras rumah, untuk hidroponik ini menggunakan rumah jaring berwarna hitam untuk melindungi tanaman hidroponik dari hama serta untuk meminimalisir intensitas cahaya matahari yang terlalu tinggi.

Hidroponik ini menggunakan teknik berupa *Nutrient Film Technique* (NFT) yang dimana pipa yang digunakan untuk tempat tanaman diatur kemiringannya menjadi 3-5 derajat agar larutan nutrisi dapat mengalir. Larutan nutrisi ditampung didalam bak nutrisi, agar larutan nutrisi ini dapat mengalir pada pipa maka disedot menggunakan pompa dan dialirkan pada pipa hidroponik yang digunakan untuk tempat tanaman tumbuh dari pipa bagian atas, untuk pipa tempat tanaman ini sudah diatur miring sehingga larutan nutrisi dapat mengalir ke pipa tempat tanaman dibawahnya, pada pipa tempat tanaman di bagian bawah air nutrisi dibuang dengan mengalirkannya ke bak nutrisi kembali.

Untuk *monitoring* pencahayaan, suhu dan pH yaitu dengan cara sensor intensitas cahaya berupa sensor BH1750, sensor suhu berupa sensor DHT11 diletakkan didekat tanaman hidroponik yaitu diletakkan didekat pipa tanam dan sensor PH 4502-C yang digunakan untuk mendeteksi pH dicelupkan ke larutan nutrisi. Sensor-sensor tersebut akan mendeteksi intensitas cahaya, suhu dan pH larutan nutrisi, kemudian data dari pendeteksian sensor diproses lebih lanjut pada mikrokontroler ESP32 dan setelah diproses di ESP32 hasil data akan dikirimkan ke telegram sebagai notifikasi.

Pada pengujian keseluruhan sistem yang dapat dilihat pada tabel 4.5, 4.6 dan 4.7, pengujian dilakukan pada pagi hari, siang hari, dan malam hari. Pengujian dilakukan dengan pemantauan sensor-sensor yang mendeteksi intensitas cahaya, suhu dan pH air nutrisi.

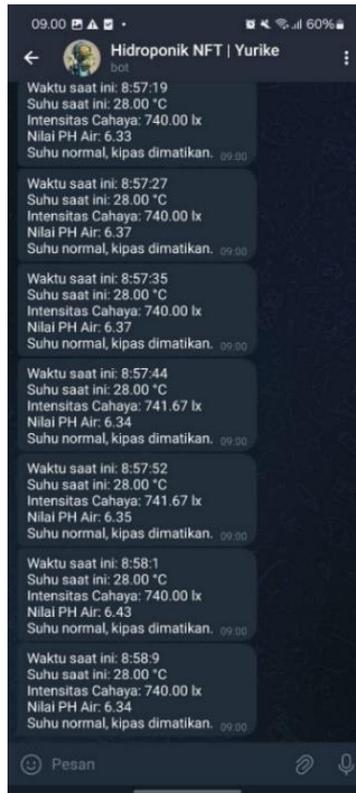
Pada pagi hari jam 09.00 WIB dilakukan pengujian pada masing-masing sensor, dimana sensor intensitas cahaya berupa sensor BH1750 mendeteksi atau membaca nilai rata-rata intensitas cahaya sebesar 740,285 lux, pada pagi hari ini

LED tidak menyala karena intensitas cahaya yang terdeteksi berada diatas 108 lux sehingga pada pagi hari menggunakan pencahayaan dari matahari. Kemudian sensor DHT11 mendeteksi atau membaca suhu sebesar 28°C yang dimana suhu tersebut berada dibawah 30°C sehingga kipas dalam kondisi mati. Selanjutnya sensor PH 4502-c mendeteksi atau membaca rata-rata nilai pH sebesar 6,36 dan kondisi pH meter pada pH sebesar 6,2.

Pada siang hari jam 13.30 WIB dilakukan pengujian pada masing-masing sensor, dimana sensor intensitas cahaya berupa sensor BH1750 mendeteksi atau membaca nilai rata-rata intensitas cahaya sebesar 1024,048 lux, pada pagi hari ini LED tidak menyala karena intensitas cahaya yang terdeteksi berada diatas 108 lux sehingga pada siang hari menggunakan pencahayaan dari matahari. Kemudian sensor DHT11 mendeteksi atau membaca suhu sebesar 30,20 °C yang dimana suhu tersebut berada diatas 30°C sehingga kipas dalam kondisi nyala. Selanjutnya sensor PH 4502-c mendeteksi atau membaca rata-rata nilai pH sebesar 6,33 dan kondisi pH meter pada pH sebesar 6,2.

Pada malam hari jam 21.22 WIB dilakukan pengujian pada masing-masing sensor, dimana sensor intensitas cahaya berupa sensor BH1750 mendeteksi atau membaca nilai rata-rata intensitas cahaya sebesar 71,832 lux, pada malam hari ini LED menyala karena intensitas cahaya yang terdeteksi berada dibawah 32 lux sehingga pada malam hari menggunakan pencahayaan dari LED dengan penambahan rata-rata 71,832 lux. Kemudian sensor DHT11 mendeteksi atau membaca suhu sebesar 25,80 °C yang dimana suhu tersebut berada dibawah 30°C sehingga kipas dalam kondisi mati. Selanjutnya sensor PH 4502-c mendeteksi atau membaca rata-rata nilai pH sebesar 6,57 dan kondisi pH meter pada pH sebesar 6,2.

Data-data yang telah dideteksi oleh masing-masing sensor selanjutnya diproses lebih lanjut oleh mikrokontroler ESP32, kemudian data yang telah diproses oleh ESP32 dikirimkan ke telegram dengan konektivitas internet, sehingga pada telegram bot tertampil pesan atau notifikasi secara *real-time* berupa nilai intensitas cahaya yang dideteksi oleh sensor BH1750, nilai suhu yang dideteksi oleh sensor DHT11 dan nilai pH yang dideteksi oleh sensor PH 4502-C. untuk tampilan pada telegram dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Pesan terkirim pada telegram

Gambar 4.3 merupakan tampilan notifikasi telegram. Pesan tersebut didapatkan dari rtc untuk waktu, pendeteksian sensor-sensor untuk nilai intensitas cahaya, nilai suhu dan nilai pH. Pada notifikasi telegram menampilkan keadaan kipas berdasarkan suhu dengan tampilan pesan “Suhu normal, kipas dimatikan” apabila suhu $< 30^{\circ}\text{C}$ dan akan tampil pesan “Suhu melebihi 30°C , kipas dihidupkan” apabila suhu $> 30^{\circ}\text{C}$, mati dan nyala kipas diatur oleh *relay*.

Pada penelitian ini data yang dikirim ke telegram dihitung nilai QoS berupa *delay* dengan cara menghitung selisih dari pengiriman data dan penerimaan data yaitu dari serial monitor ke telegram. Untuk *delay* rata-rata dari sistem yang dibuat yaitu sebesar 3,6 s atau 3600 ms yang dapat dikategorikan kecepatan pengiriman data jelek berdasarkan tabel 2.10 karena melebihi 450 ms.

Untuk mengetahui tingkat presisi dari sensor yang digunakan maka dilakukan pengujian pada masing-masing sensor dengan menghitung nilai *%error* dan nilai akurasi. Untuk menghitung nilai *%error* dan akurasi setiap sensor dilakukan pengujian sebanyak 30 kali untuk mendapatkan data sebanyak 30 data. Untuk menghitung nilai *%error* menggunakan alat pembanding, sensor BH1750 menggunakan alat pembanding berupa lux meter, sensor DHT11 menggunakan alat

pembandingan berupa termometer dan sensor PH 4502-C menggunakan alat pembandingan berupa pH meter, sensor dan alat pembandingan tersebut ditempatkan bersebelahan pada tempat yang sama, hari yang sama dan waktu yang sama. Data pengujian sensor BH1750 dapat dilihat pada tabel 4.1. data pengujian sensor DHT11 dapat dilihat pada tabel 4.2 dan data pengujian sensor PH 4502-C dapat dilihat pada tabel 4.3. Dari pengujian tersebut sensor BH1750 didapatkan hasil rata-rata *%error* sebesar 1,925% dan akurasi sebesar 98,074%, sensor DHT11 didapatkan hasil rata-rata *%error* sebesar 4,307% dan akurasi sebesar 95,683%, dan sensor PH 4502-C didapatkan hasil rata-rata *%error* sebesar 2,56% dan akurasi sebesar 97,432%.