

SISTEM PENGENDALIAN DAN PENGAWASAN PADA BUDIDAYA MIKROALGA SPIRULINA

Thomas Aquinas Kiki Hardianto¹, Richi Dwi Agustia²

^{1,2} Tenik Informatika - Universitas Komputer Indonesia

Jalan Dipatiukur No. 112 Bandung, Jawa Barat 40132

E-mail : aquinast12@email.unikom.ac.id¹, richi@email.unikom.ac.id²

ABSTRAK

Dalam pembudidayaan *Spirulina* terdapat beberapa indikator pertumbuhan yang harus terpenuhi, diantaranya; pH air, suhu air, ketinggian air dan intensitas cahaya. Belum adanya sistem yang dapat memberikan informasi ketika indikator pertumbuhan *Spirulina* yang tidak terpenuhi, menjadi kendala yang dialami oleh Amorina Farm karena, pemantauan masih dilakukan secara manual dengan durasi yang terbatas. Oleh karena itu, perlu dibangun sebuah sistem untuk memberikan informasi ketika terjadi perubahan sehingga dapat langsung ditangani. Sistem Pengendalian dan Pengawasan Pada Budidaya Mikroalga *Spirulina* merupakan sebuah sistem yang dibangun menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT), berbasis website yang terintegrasi dengan mikrokontroler untuk memantau perubahan nilai setiap indikatornya. Nilai-nilai tersebut nantinya akan dikirim ke server agar pengelola dapat melihat perubahan nilai indikator secara *online*. Dalam pembangunan perangkat lunak, digunakan metode *prototype* dengan tahapan *communication, quick plan, modeling quick design, construction of prototype, serta development delivery and feedback*. Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan, sistem telah berjalan sesuai dengan fungsionalnya dan dapat memberikan informasi ketika indikator pertumbuhan tidak sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Rata-rata nilai galat dari sensor yang dikirimkan ke server adalah kurang dari 0.030%. Oleh karena itu secara umum sistem yang telah dibangun sudah dapat membantu pengelola Amorina Farm dalam mengendalikan dan mengawasi pertumbuhan *Spirulina*.

Kata kunci : *Spirulina*, Mikro Alga, Amorina Farm, *Internet of Think*, IoT

1. PENDAHULUAN

Spirulina adalah mikroalga hijau kebiruan yang hidupnya tersebar luas di ekosistem perairan, baik itu air tawar, air payau, maupun air laut. *Spirulina* dapat tumbuh dengan baik di danau-danau dengan keasaman air alkalis (pH 8,5-11). *Spirulina* dapat tumbuh dengan subur pada kisaran suhu 18°C-40°C dengan intensitas cahaya 500-350.000 lux.[1] *Spirulina* memiliki kandungan yang sangat baik bagi tubuh manusia. Seiring perkembangan jaman penggunaan *Spirulina* saat ini semakin meningkat.

Penggunaannya antara lain dibidang industri seperti industri makanan. Salah satu contoh industri makanan yang menggunakan *Spirulina* sebagai bahan bakunya adalah Amorina Farm.

Amorina Farm adalah sebuah Unit Usaha Mikro, Kecil dan Menengah atau yang disingkat UMKM yang bergerak di bidang pertanian atau pembudidayaan *Spirulina*. Amorina Farm sendiri berada di *Arboretum* Universitas Padjajaran Jatinagor, yang didirikan oleh Michelle Azista Nabila Casandra, S.Si, M.Si dan kawan-kawan pada tahun 2011. Berdasarkan wawancara secara lisan dengan pemilik Amorina Farm Michelle Azista Nabila Casandra, S.Si, M.Si, untuk memperoleh hasil yang maksimal dalam pembudidayaan *Spirulina*, maka diperlukan cara-cara tertentu seperti; sarana yang steril atau bersih serta indikator-indikator pendukung yang harus terpenuhi. Indikator-indikator tersebut adalah pH air, suhu air, intensitas cahaya dan juga ketinggian air. Untuk memenuhi indikator-indikator pertumbuhan yang telah disebutkan sebelumnya, Amorina Farm telah membuat nilai standart indikator untuk pembudidayaan *Spirulina* yaitu; pH air sama dengan 10, suhu air lebih dari sama dengan 18°C, ketinggian air sama dengan 30cm dan intensitas cahaya lebih dari sama dengan 1500 lux. Agar indikator-indikator tersebut dapat terpenuhi maka harus dilakukan pengecekan dengan benar.

Pembudidayaan *Spirulina* berada pada masa yang rentan terganggu pertumbuhannya selama dua minggu sejak awal kultivasi dan pada masa-masa itulah indikator pertumbuhan harus terpenuhi. Indikator pertumbuhan seperti pH air, suhu air, ketinggianair dan intensitas cahaya yang tidak terpenuhi menjadi kendala dalam pembudidayaan *Spirulina* karena durasi pengecekan yang dilakukan seminggu dua kali, untuk menjaga kebersihan tempat pembudidayaan *Spirulina*. Permasalahan berikutnya yang terjadi pada pembudidayaan *Spirulina* adalah belum adanya otomatisasi pemberitahuan ketika terjadi perubahan yang drastis pada pH air dan ketinggian air di bak pertumbuhan *Spirulina* serta perubahan suhu air dan intensitas cahaya yang tidak sesuai standar yang telah ditentukan sehingga dapat menyebabkan pertumbuhan *Spirulina* terganggu bahkan mati.

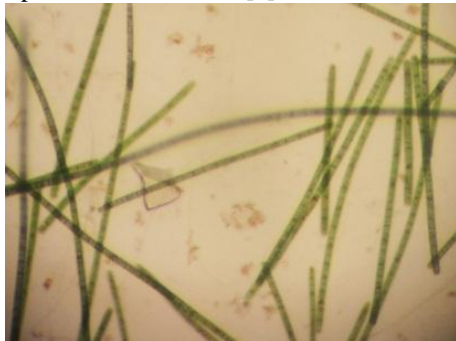
Berdasarkan permasalahan yang telah dijelaskan sebelumnya, solusi dari permasalahan tersebut

adalah dengan membangun sistem pengendalian dan pengawasan pada budidaya mikroalga *Spirulina* dengan menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT). *Internet of Things* (IoT) itu sendiri dapat didefinisikan sebagai teknologi yang memungkinkan adanya pengendalian, komunikasi, dan kerja sama dengan berbagai perangkat keras melalui jaringan internet. Dengan adanya sistem ini, diharapkan dapat membantu pengelola Amorina Farm dalam mengendalikan dan mengawasi pertumbuhan dari budidaya *Spirulina*.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Spirulina

Spirulina merupakan ganggang renik (mikroalga) berwarna hijau kebiruan yang hidupnya tersebar luas dalam ekosistem perairan, baik itu air tawar, air payau, maupun air laut. *Spirulina* mudah tumbuh di danau-danau dengan keasaman air alkalis (pH 8,5-11). *Spirulina* dapat tumbuh dengan subur pada kisaran suhu 18°C-40°C dengan intensitas cahaya rendah sampai tinggi (500-350.000 lux).[1] *Spirulina* memiliki kandungan gizi yang lengkap, seperti protein yang mencapai 60-70%, delapan asam amino yang lengkap mudah dicerna karena dindingnya tersusun dari protein dan gula kompleks, asam lemak, vitamin dan antioksidan yang tinggi. Selain itu, *Spirulina* mempunyai pigmen fikosianin yang berfungsi sebagai antioksidan dan antiinflamatori, polisakarida, yang mempunyai efek anti tumor dan antiviral, γ -asam linoleat (GLA) yang berfungsi dalam penurunan kolesterol[2].



Gambar 1. *Spirulina Fusiformis*

2.2 Pengendalian

Pengendalian berasal dari kata kendali yang berarti kekang. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia pengendalian berarti proses, cara, perbuatan mengendalikan; pengekangan, pengawasan atas kemajuan (tugas) dengan membandingkan hasil dan sasaran secara teratur serta menyesuaikan usaha (kegiatan) dengan hasil pengawasan[3].

2.3 Galat Relatif

Galat merupakan selisih dari nilai sejati terhadap nilai hampiran. Misalkan \hat{a} adalah nilai hampiran terhadap nilai sejati a , maka selisih $\varepsilon = a - \hat{a}$. Contoh, jika $\hat{a} = 10.5$ dan $a = 10.45$, maka galatnya adalah $\varepsilon = -0.01$. Jika tanda galat (positif atau negatif) tidak dipertimbangkan, maka galat mutlak dapat didefinisikan sebagai $|\varepsilon| = |a - \hat{a}|$. Untuk

mengatasi interpretasi nilai galat, maka galat harus dinormalkan terhadap nilai sejatinya. Gagasan ini melahirkan galat relatif.

Galat relatif didefinisikan sebagai berikut:

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{a}$$

Jika dalam persen didefinisikan sebagai berikut:

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{a} \times 100\% \quad [4]$$

2.4 Internet of Things

Internet untuk segala atau dalam bahasa Inggris *Internet of Things* yang lebih dikenal dengan singkatan IoT, merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus. Adapun kemampuan seperti berbagi data, remote control, dan sebagainya, termasuk juga pada benda di dunia nyata. Contohnya bahan pangan, elektronik, koleksi, peralatan apa saja, termasuk benda hidup yang semuanya tersambung ke jaringan lokal dan global melalui sensor yang tertanam dan selalu aktif.[5]

2.5 Web Server

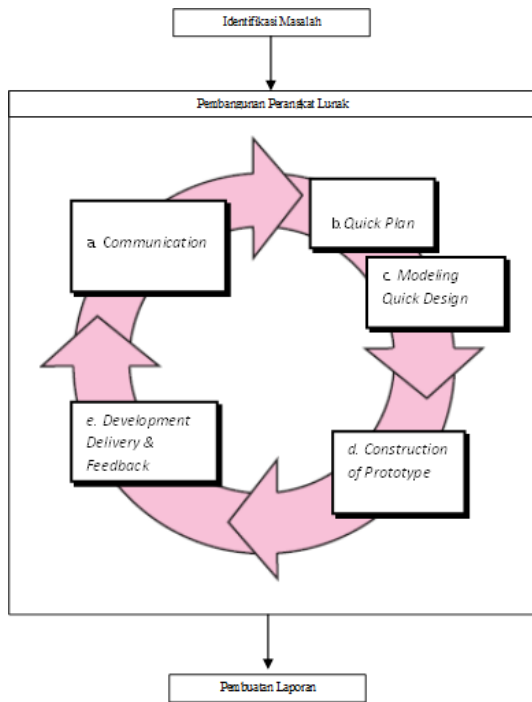
Web Server merupakan komputer yang digunakan untuk menyimpan dokumen-dokumen web, komputer ini akan melayani permintaan dokumen web dari kliennya. Browser web berkomunikasi melalui jaringan (termasuk jaringan internet) dengan server web, menggunakan HTTP. Browser akan mengirimkan permintaan kepada server untuk meminta dokumen tertentu atau layanan lain yang disediakan oleh server. Server memberikan dokumen atau layanannya jika tersedia, dengan menggunakan protokol HTTP. [6]

2.6 Arduino Uno

Papan Arduino UNO menggunakan mikrokontroler Atmega328. Secara umum posisi atau letak pin-pin terminal masukan atau keluaran pada berbagai papan Arduino posisinya sama dengan posisi atau letak pin-pin terminal masukan atau keluaran dari Arduino UNO yang mempunyai 14 pin *digital* yang dapat diset sebagai masukan atau keluaran dan enam pin *Input Analog*. [7]

3. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis deskriptif yaitu metode yang bertujuan untuk mendapatkan gambaran yang jelas akan hal-hal yang berkaitan dengan penelitian. Tahapan-tahapan dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Tahap Penelitian

Metode yang dilakukan alur rangka penelitian adalah sebagai berikut:

a. Identifikasi Masalah

Melakukan penelitian terhadap masalah masalah yang terkait pada budidaya mikroalga *Spirulina*.

b. Pembangunan Perangkat Lunak

Dalam pembuatan sistem keterlibatan pengguna sangatlah tinggi. Karena itu digunakan metode pembangunan perangkat lunak *prototype*, yang bertujuan agar sistem dapat memenuhi kebutuhan pengguna dengan lebih baik. Tahapan pembangunan perangkat lunak model *prototype* adalah *communication*, *quick plan*, *modeling quick design*, *construction of prototype*, serta *development delivery and feedback*. [8]

c. Pembuatan Laporan

Pada tahap ini dilakukan pembuatan laporan berdasarkan hasil dari penelitian dengan menggunakan teknik pengumpulan data primer dan sekunder sehingga menjadi laporan penelitian yang dapat memberikan gambaran secara utuh mengenai sistem yang sedang dibangun.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Masalah

Berdasarkan wawancara yang telah dilakukan kepada CEO Amorina Farm, ditemukan beberapa kendala pada pembudidayaan *Spirulina*, diantaranya:

a. Pengecekan indikator pertumbuhan *Spirulina* dilakukan seminggu dua kali. Untuk memperoleh *Spirulina* dengan kualitas yang baik maka indikator pertumbuhan dari *Spirulina* itu sendiri harus terpenuhi seperti; pH air ideal 10, suhu air ideal 25°C - 27°C, ketinggian air di bak pertumbuhan maksimal 30cm dan masih banyak lagi. Saat ini pengecekan indikator pertumbuhan

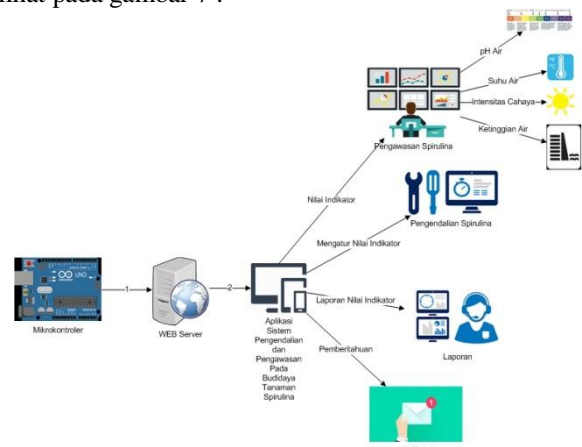
Spirulina dilakukan setiap dua minggu sekali untuk menjaga kebersihan dari tempat pembudidayaan agar *Spirulina* di kolam pembudidayaan tidak terkontaminasi zat dari luar. Akibat dari pengecekan yang dilakukan hanya seminggu dua kali, terkadang ada indikator pertumbuhan yang tidak terpenuhi dan berakibat pada matinya *Spirulina* yang sedang dibudidayakan sehingga harus dilakukan kultivasi ulang.

b. Belum adanya sistem pemberitahuan ketika indikator pertumbuhan *Spirulina* berubah.

Belum adanya sistem pemberitahuan ketika terjadi perubahan drastis pada pH air, level air, suhu air dan intensitas cahaya menjadi kendala yang dialami selama pembudidayaan *Spirulina*. Untuk mengetahui perubahan pada indikator pertumbuhan *Spirulina* maka harus dilakukan pengecekan setiap seminggu dua kali, namun terkadang perubahan terjadi ketika pengecekan sedang tidak berlangsung sehingga penanganan yang harusnya dilakukan terlambat. Dari permasalahan tersebut maka dibutuhkan sebuah sistem yang dapat memberikan notifikasi secara otomatis untuk membantu pengelola dalam melakukan pengendalian dan pengawasan pada budidaya *Spirulina*.

4.2 Konsep Sitem

Dalam pembangunan sistem ini terdapat alur sistem atau konsep sistem. Konsep tersebut dapat dilihat pada gambar 7 :



Gambar 7. Konsep Sistem

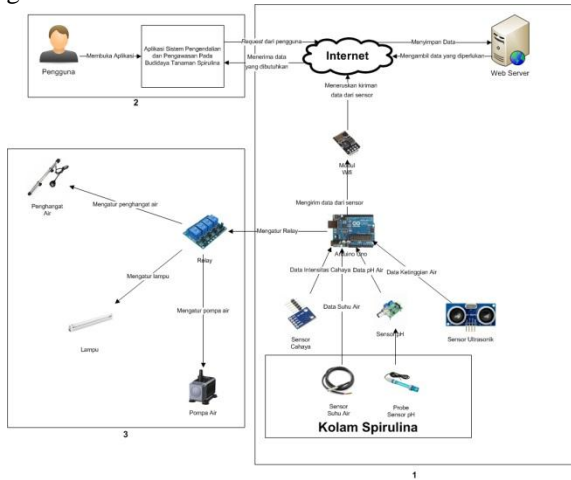
Berikut penjelasan dari gambar 7:

1. Mikrokontroler akan mengirimkan nilai indikator seperti pH air, suhu air, ketinggian air dan intensitas cahaya ke webserver.
2. Web server akan menyimpan semua data yang dikirimkan oleh mikrokontroler, lalu mengirimkannya ke aplikasi berbasis web ketika pengguna membutuhkannya.
3. Aplikasi Sistem Pengendalian dan Pengawasan Pada Budidaya Mikroalga *Spirulina* memiliki empat fitur utama antara lain:
 - a. Pengguna dapat melihat nilai indikator pH air, suhu air, ketinggian air dan intensitas cahaya terbaru yang telah dikirimkan oleh mikrokontroler.

- b. Pengguna dapat mengatur nilai minimum pH air dan ketinggian air.
- c. Pengguna dapat memperoleh laporan berdasarkan tanggal yang ingin dicari.
- d. Pengguna dapat menerima pemberitahuan melalui E-mail ketika ada indikator pertumbuhan yang tidak sesuai dengan pengaturan.

4.3 Analisis Arsitektur Sistem

Arsitektur sistem yang dibangun memanfaatkan Mikrokontroler Arduino Uno, yang terhubung sensor-sensor untuk pengecekan indikator pertumbuhan. Sensor-sensor tersebut ialah sensor pH air, sensor suhu air, sensor ultrasonik dan sensor intensitas cahaya. Konsep sistem dapat dilihat ada gambar 8 di bawah ini:



Gambar 8. Arsitektur Sistem

Berikut penjelasan dari gambar 8:

1. Sensor mengirimkan data ke Arduino Uno berupa nilai analog yang akan dikonversikan menjadi nilai float atau nilai desimal. Arduino Uno akan mengirimkan nilai tersebut ke web server pada pukul 09:00, 12:00 dan pukul 15:00 melalui koneksi internet yang diterima modul wifi. Sebelum mengirimkan nilai yang telah diperoleh sebelumnya, Arduino Uno akan mengkonversikan nilai float atau desimal menjadi nilai string agar dapat dibaca oleh file php dengan format GET data.
2. Pengguna membuka aplikasi berbasis web menggunakan gawai (PC, Smartphone atau Tablet) yang telah terhubung ke koneksi internet. Pengguna melakukan login ke panel admin untuk melihat data yang dikirim oleh sensor dan juga pengguna dapat melakukan setting pada sistem.
3. Arduino mengirimkan perintah kepada relay sesuai dengan perintah yang dibuat sebelumnya berdasarkan data dari sensor.

4.4 Spesifikasi Kebutuhan Perangkat Lunak Fungsional

Spesifikasi kebutuhan perangkat lunak fungsional dapat dilihat pada tabel 1:

Tabel 1. Sistem Kebutuhan Perangkat Lunak Fungsional

Kode SKPL	Spesifikasi Kebutuhan Perangkat Lunak
SKPL-F-001	Sistem menyediakan fasilitas login ke sistem.
SKPL-F-002	Sistem menyediakan fasilitas lupa password.
SKPL-F-003	Sistem menyediakan fasilitas untuk kelola data user.
SKPL-F-004	Sistem menyediakan fasilitas untuk memantau perubahan nilai pH air.
SKPL-F-005	Sistem menyediakan fasilitas untuk memantau perubahan nilai suhu air.
SKPL-F-006	Sistem menyediakan fasilitas untuk memantau perubahan nilai ketinggian air.
SKPL-F-007	Sistem menyediakan fasilitas untuk memantau perubahan nilai intensitas cahaya yang masuk ke greenhouse.
SKPL-F-008	Sistem menyediakan fasilitas untuk mengelola data laporan.
SKPL-F-009	Sistem menyediakan fasilitas untuk mengelola data notifikasi.
SKPL-F-010	Sistem menyediakan fasilitas untuk pengaturan batas pH air.
SKPL-F-011	Sistem menyediakan fasilitas untuk pengaturan batas ketinggian air.

4.5 Spesifikasi Kebutuhan Perangkat Lunak Non Fungsional

Spesifikasi kebutuhan perangkat lunak non fungsional dapat dilihat pada tabel 2:

Tabel 2. Sistem Kebutuhan Perangkat Lunak Non Fungsional

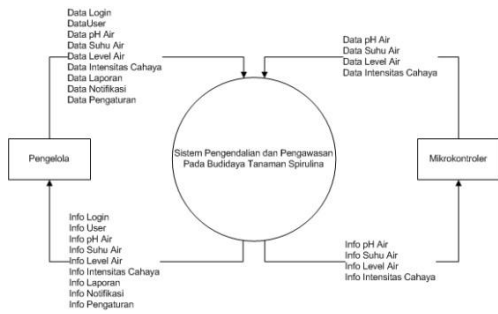
Kode SKPL	Spesifikasi Kebutuhan Perangkat Lunak
SKPL-NF-001	Sistem dapat berjalan pada spesifikasi perangkat lunak minimum yang diperlukan.
SKPL-NF-002	Sistem yang dibangun menggunakan spesifikasi perangkat keras yang memenuhi standar minimum yang diperlukan.
SKPL-NF-003	Sistem dapat digunakan pada pengguna yang dianjurkan.

4.6 Analisis Kebutuhan Fungsional

Analisis kebutuhan fungsional merupakan gambaran proses kegiatan *backend* yang akan diterapkan dalam sistem yang dapat menjelaskan kebutuhan yang diperlukan sistem agar dapat belajar dengan baik sesuai dengan kebutuhan sistem. Analisis yang dilakukan dimodelkan dengan menggunakan Diagram Konteks dan Data Flow Diagram.

a. Diagram Konteks

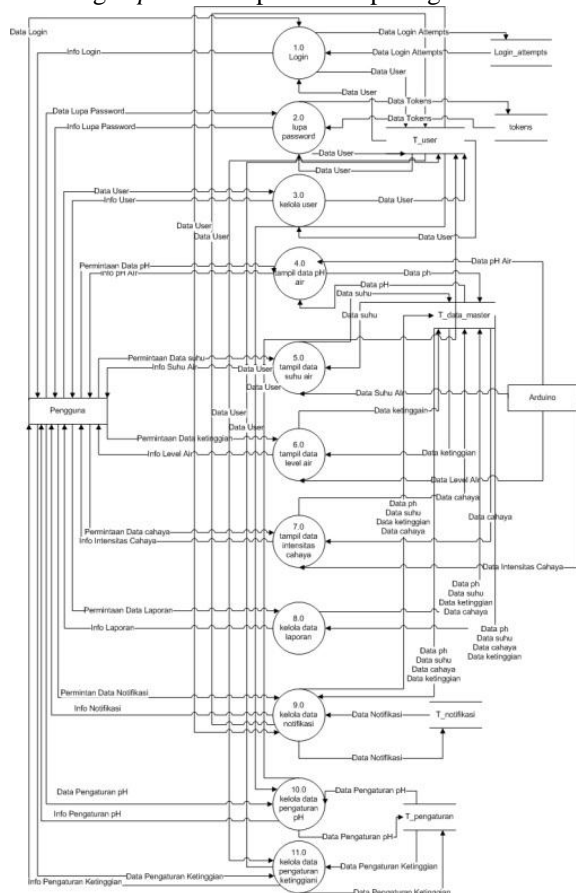
Diagram konteks merupakan diagram level tertinggi dari DFD yang menggambarkan input atau output dari suatu sistem dan relasi dalam sistem dengan penggunanya. Diagram konteks sistem pengendalian dan pengawasan pada budidaya mikroalga *Spirulina* dapat dilihat pada gambar 9:



Gambar 9. Diagram Konteks

b. Data Flow Diagram

DFD berfungsi untuk menggambarkan suatu sistem yang telah ada atau sistem baru yang akan dikembangkan secara logika tanpa mempertimbangkan lingkungan fisik dimana data tersebut mengalir atau lingkungan fisik dimana data tersebut akan disimpan. DFD level 1 pada sistem pengendalian dan pengawasan pada budidaya mikroalga *Spirulina* dapat dilihat pada gambar 10:



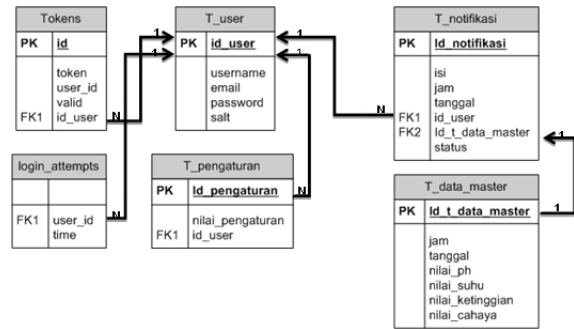
Gambar 10. DFD Level 1

4.7 Perancangan Sistem

Pada bagian ini akan dijelaskan perancangan sistem yang akan dibangun seperti perancangan basis data.

a. Perancangan Basis Data

Pada tahap perancangan basis data, pemodelan yang akan digambarkan menggunakan skema relasi. Skema relasi merupakan rangkaian hubungan antara dua tabel atau lebih pada sistem basis data. Skema relasi pada sistem ini dapat dilihat pada Gambar 11:



Gambar 11. Skema Relasi

4.8 Implementasi Sistem

Implementasi sistem meliputi implementasi perangkat keras dan perangkat lunak.

a. Perangkat Keras Sistem

Perangkat keras sistem dibagi dalam dua bagian yaitu perangkat keras client dan perangkat keras server:

1. Perangkat Keras Client

Perangkat keras *client* meliputi perangkat keras personal komputer atau laptop, perangkat keras *smartphone* atau tablet serta perangkat keras IoT. Perangkat keras *client* dapat dilihat pada tabel 3 sampai 5:

Tabel 3. Spesifikasi Perangkat Keras Personal Komputer

No	Perangkat Keras	Spesifikasi
1	RAM	2 GB
2	Free Space	1 GB
3	Processor	2,53 Ghz
4	Mouse dan Keyboard	Standar
5	Monitor	14" dengan resolusi 1336 x 768 pixel
6	Interface Jaringan	Onboard Wifi (jaringan internet tanpa kabel menggunakan)

Tabel 4. Spesifikasi Perangkat Keras Smartphone atau Tablet

No	Perangkat Keras	Spesifikasi
1	RAM	3 GB
2	ROM	16 GB
3	Processor	1.4 Ghz
4	Dimensi Layar	5.5 inchi
5	Internet	HSPA+

Tabel 5. Spesifikasi Perangkat Keras IoT

No	Perangkat Keras	Keterangan
1	Papan Mikrokontroler	Arduino Uno R3
2	Sensor pH	pH Sensor Module V 1.1
3	Probe pH	Probe E201-C-9
4	Sensor Suhu	DS18B20
5	Sensor Cahaya	GY-30 BH1750
6	Sensor Ketinggian Air	Sensor Ultrasonik HC-SR04

Tabel 5. Spesifikasi Perangkat Keras IoT (Lanjutan)

No	Perangkat Keras	Keterangan
7	Modul Relay	Relay 4 Modul
8	Modul RTC	RTC DS1307
9	Modul Wifi	ESP 8266 NodeMCU 1.0
10	Wifi Adapter	HUAWEI E5673

2. Perangkat Keras Server

Berikut adalah spesifikasi perangkat keras server yang digunakan untuk mengimplementasikan Sistem Pengendalian dan Pengawasan Pada Budidaya Mikroalga *Spirulina* bisa dilihat pada tabel 6:

Tabel 6. Spesifikasi Perangkat Keras Server

No	Perangkat Keras	Keterangan
1	CPU Power	3.75 Ghz
2	Memory	256 MB

b. Perangkat Lunak Sistem

Perangkat lunak sistem dibagi dalam dua bagian yaitu perangkat lunak client dan perangkat lunak server:

3. Perangkat Lunak Client

Perangkat lunak *client* meliputi perangkat lunak personal komputer atau laptop, perangkat lunak *smartphone* atau tablet serta perangkat lunak IoT. Perangkat lunak *client* dapat dilihat pada tabel 7 sampai 9:

Tabel 7. Spesifikasi Perangkat Lunak Personal Komputer

No	Perangkat Lunak	Keterangan
1	Sistem Operasi	Windows 7
2	Browser	Chrome

Tabel 8. Spesifikasi Perangkat Lunak Smartphone atau Tablet

No	Perangkat Lunak	Keterangan
1	Sistem Operasi	Android Versi 5.1.1 (Lollipop)
2	Browser	Chrome

Tabel 9. Spesifikasi Perangkat Lunak IoT

No	Perangkat Lunak	Keterangan
1	Code Editor	Arduino IDE

4. Perangkat Lunak Server

Berikut adalah spesifikasi perangkat lunak Server yang digunakan untuk mengimplementasikan Sistem Pengendalian dan Pengawasan Pada Budidaya Mikroalga *Spirulina* bisa dilihat pada tabel 10:

Tabel 10. Spesifikasi Perangkat Lunak Server

No	Perangkat Lunak	Keterangan
1	DBMS	MySQL
2	Web Server	Apache

4.9 Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian keseluruhan sistem meliputi pengujian sensor dan pengujian fungsional sistem.

a. Pengujian Sensor

Pengujian sensor berfungsi untuk membandingkan nilai yang diperoleh dari sensor dengan alat pembanding sehingga diperoleh nilai galat relatif atau selisih error dari perbandingan data.

Percobaan dilakukan sebanyak 10 kali dengan durasi antar percobaan selama dua menit karena mempertimbangkan durasi pengecekan.

1. Pengujian Sensor pH

Pengujian sensor pH dilakukan dengan cara membandingkan nilai yang diperoleh sensor dengan pH meter. Berikut hasil pengujian:

Tabel 11. Pengujian Sensor pH

Percobaan	Nilai Sensor pH	pH Tester	Persentase kesalahan $\frac{\text{abs}(\text{pH1}-\text{pH2})}{\text{pH2}} \times 100\%$
1	10,01	10,1	0,008911
2	10,06	10,1	0,00396
3	10,06	10,1	0,00396
4	10,17	10,1	0,006931
5	10,11	10,1	0,00099
6	10,08	10,1	0,00198
7	10,7	10,1	0,059406
8	10,7	10,1	0,059406
9	10,75	10,1	0,064356
10	10,42	10,1	0,031683
Rata-Rata Persentase Kesalahan %			0,024158

Berdasarkan hasil dari pengujian, nilai rata-rata persentase kesalahan pada sensor pH adalah sebesar 0,024158% atau jika dibulatkan menjadi 0,024%. Nilai toleransi kesalahan maksimal pada pengujian sensor pH adalah sebesar 0,036% atau dalam skala nilai pH 1 sampai 14 adalah sebesar 0,5. Karena $0,024\% < 0,036\%$ maka dapat disimpulkan bahwa sensor pH dapat bekerja dengan baik dan memenuhi nilai toleransi yang sudah ditentukan

2. Pengujian Sensor Suhu

Pengujian sensor suhu dilakukan dengan cara membandingkan nilai yang diperoleh sensor dengan thermometer. Berikut hasil pengujian:

Tabel 12 Pengujian Sensor Suhu

Percobaan	Nilai Sensor Suhu	Thermo-meter	Persentase kesalahan $\frac{\text{abs}(S1-S2)}{S2} \times 100\%$
1	25,75	25,7	0,00194553
2	26	26	0
3	26	26,2	0,00763359
4	26	26	0
5	26	26	0
6	26	25,9	0,003861
7	26	26	0
8	26	26	0
9	25,88	25,8	0,00310078
10	26	26,9	0,03345725
Rata-Rata Persentase Kesalahan %			0,00499981

Berdasarkan hasil dari pengujian, nilai rata-rata persentase kesalahan pada sensor suhu adalah sebesar 0,00499981% atau jika dibulatkan menjadi 0,005%. Nilai toleransi kesalahan maksimal pada

pengujian sensor suhu adalah sebesar 0,02% atau dalam skala nilai suhu 0°C sampai 50°C adalah sebesar 1°C. Karena 0,005% < 0,02% maka dapat disimpulkan bahwa sensor suhu dapat bekerja dengan baik dan memenuhi nilai toleransi yang sudah ditentukan.

3. Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian sensor ultrasonik dilakukan dengan cara membandingkan nilai yang diperoleh sensor dengan meteran. Berikut hasil pengujian:

Tabel 13. Pengujian Sensor Ultrasonik

Percobaan	Nilai Sensor Ultrasonik	Meteran	Persentase kesalahan abs(M1-M2)/M2 * 100%
1	28,19	25	0,1276
2	25,93	25	0,0372
3	26,86	25	0,0744
4	27,28	25	0,0912
5	26,86	25	0,0744
6	24,69	25	0,0124
7	28,26	25	0,1304
8	26,83	25	0,0732
9	26,9	25	0,076
10	24,45	25	0,022
Rata-Rata Persentase Kesalahan %			0,07188

Berdasarkan hasil dari pengujian, nilai rata-rata persentase kesalahan pada sensor ultrasonik adalah sebesar 0,07188% atau jika dibulatkan menjadi 0,072%. Nilai toleransi kesalahan maksimal pada pengujian sensor ultrasonik adalah sebesar 0,008% atau dalam skala nilai ketinggian 0 cm sampai 25 cm adalah sebesar 2 cm. Karena 0,072% < 0,080% maka dapat disimpulkan bahwa sensor ultrasonik dapat bekerja dengan baik dan memenuhi nilai toleransi yang sudah ditentukan.

4. Pengujian Sensor Intensitas Cahaya

Pengujian sensor intensitas cahaya dilakukan dengan cara membandingkan nilai yang diperoleh sensor dengan lux meter.

Tabel 14. Pengujian Sensor Intensitas Cahaya

Percobaan	Sensor Cahaya	LUX Meter	Persentase kesalahan abs(LUX1-LUX2)/LUX2 * 100%
1	451	460	0,01956522
2	270	270	0
3	261	265	0,01509434
4	256	260	0,01538462
5	251	255	0,01568627
6	241	241	0
7	236	240	0,01666667
8	239	245	0,0244898
9	208	210	0,00952381
10	208	208	0
Rata-Rata Persentase Kesalahan %			0,01164107

Berdasarkan hasil dari pengujian, nilai rata-rata persentase kesalahan pada sensor intensitas cahaya adalah sebesar 0,01164107% atau jika dibulatkan menjadi 0,012%. Nilai toleransi kesalahan maksimal pada pengujian sensor intensitas cahaya adalah sebesar 0,1% atau dalam skala nilai intensitas cahaya 0 lux sampai 500 lux adalah sebesar 50 lux. Karena 0,012% < 0,1% maka dapat disimpulkan bahwa sensor intensitas cahaya dapat bekerja dengan baik dan memenuhi nilai toleransi yang sudah ditentukan.

b. Wawancara

Untuk mengetahui hasil dari fungsional sistem yang telah dibangun maka dilakukan wawancara kepada CEO dari Amorina Farm Michelle Azista Nabila Casandra, S.Si, M.Si., hasil dari wawancara dapat dilihat pada tabel 15:

Tabel 15 Wawancara

Pertanyaan	Jawaban
Apakah dengan adanya sistem ini sudah dapat membantu anda dalam mengawasi pertumbuhan <i>Spirulina</i> ?	Ya, sudah cukup membantu.
Apakah aplikasi ini dapat memudahkan anda dalam memperoleh informasi yang dibutuhkan?	Ya, sangat mudah.
Apakah aplikasi ini mudah untuk dipelajari dan digunakan ?	Ya, mudah di pelajari.
Apakah ada kendala saat anda menggunakan aplikasi ini?	Sejauh ini tidak ada kendala dalam menggunakan aplikasi ini.
Apakah aplikasi ini dapat memberikan dampak positif bagi Amorina Farm?	Sejauh ini sudah cukup membantu
Apakah ada fitur yang perlu ditambahkan dalam aplikasi ini?	Tidak ada, hanya saja masih dibutuhkan penyempurnaan agar semakin mobile friendly.
Apakah ada kritik dan saran untuk pembangunan aplikasi kedepan?	Alat yang digunakan harus di setting lebih rapih dan di set agar waterproof. Kulturasasi <i>Spirulina</i> menggunakan media air sehingga untuk pengaplikasian pada skala industri tentunya peralatan yang digunakan harus lebih aman.

c. Kesimpulan Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian sensor dan pengujian fungsional sistem dapat disimpulkan

bahwa sistem telah berjalan sesuai dengan fungsionalnya, serta nilai yang dihasilkan oleh sensor rata-rata nilai kesalahan kurang dari 0,030% sehingga hasil masih terbilang akurat.

5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pengujian yang telah dilakukan, maka dapat didimpulkan bahwa :

1. Sistem dapat membantu pengelola dalam mengendalikan dan mengawasi pertumbuhan Spirulina dengan cara menyalakan pompa air secara otomatis ketika tinggi air kurang dari standar, sistem dapat menyalakan penghangat air secara otomatis ketika suhu air kurang dari standar serta sistem dapat menyalakan lampu secara otomatis ketika intensitas cahaya kurang dari standar.
2. Sistem dapat memberikan informasi yang dibutuhkan bagi pengguna seperti pH air, suhu air, ketinggian air dan intensitas cahaya serta memberikan informasi ketika indikator pertumbuhan seperti pH air, suhu air, ketinggian air dan intensitas cahaya kurang atau lebih dari standar yang telah ditentukan.

5.2 Saran

Oleh karena masih banyaknya keterbatasan dalam penelitian maka terdapat beberapa saran untuk pengembangan berikutnya diantaranya:

1. Oleh karena masih banyaknya keterbatasan dalam penelitian maka terdapat beberapa saran untuk pengembang Sistem saat ini digunakan hanya untuk satu kolam saja. Kedepannya diharapkan dapat digunakan untuk beberapa kolam dalam satu lokasi.
2. Saat ini untuk pemberian nutrisi masih dengan cara manual dengan mempertimbangkan nilai pH air dan jumlah volume air. Diharapkan kedepannya dapat dilakukan secara otomatis oleh sistem

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kabinawa, I Nyoman. K, Spirulina Ganggang Penggempur Aneka Penyakit, Jakarta: Argo Media Pustaka, 2006.
- [2] Barus, Dita Agustina, "Kandungan Fikosianin, Protein, dan Antioksidan Spirulina platensis yang ditumbuhkan dalam Media dan Umur Kultivasi Berbeda", Bogor: Skripsi Departemen Teknologi Hasil Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor. 2013.
- [3] Kamus Besar Bahasa Indonesia, *Pengendalian*, [online]. Available: <https://kbbi.web.id/pengendalian>. (Accessed : 16 Jan 2018).
- [4] Munir, Rinaldi, Metode Numerik Revisi Keempat. Bandung: Informatika, 2015.
- [5] Piyare, Rajeev, "Internet of Things : Ubiquitous Home Control and Monitoring System using Android Based Smart Phone",

International Journal Of Intenet of Things 2013, 2(1): 5-11.

- [6] Sidik, Ir. Betha and Pohan, Ir., M.Eng. Husni Iskandar, Pemrograman Web Dengan HTML, Revisi Kelima ed. Bandung, Indonesia: Informatika Bandung, 2014
- [7] Andrianto, Heri dan Darmawan, Aan, Arduino Belajar Cepat dan Pemrograman, Bandung: Informatika, 2016.
- [8] R. S. Pressman, Software Engginering: A Practitioner's Approach, New York: McGraw-Hill, 2010.