PEMBANGUNAN SISTEM PEMELIHARAAN TANAMAN DAN PENGENDALIAN ORGANISME PENGGANGGU TANAMAN OTOMATIS BERBASIS INTERNET OF THINGS

Akbar Rayensyah[1], Dedeng Hirawan[2]

[1,2] Universitas Komputer Indonesia
Jl. Dipati Ukur No. 102-116 Telp. (022) 2504119, 2506634, 2533603 Fax. (022) 2533754
E-mail: rayensyah.ray@gmail.com[1], dhirawan88@gmail.com[2]

ABSTRAK

Sistem Pemeliharaan Tanaman yaitu perlakuan pada tanaman yang meliputi pemberian air, pemberian nutrisi, pemberian pestisida. Pertanian konvensional modern adalah pertanian konvensional yang sudah menerapkan berbagai inovasi teknologi untuk memberi kemudahan bagi petani dalam membudidayakan tanaman Ciri dari pertanian konvensional modern adalah penggunaan rumah kaca sebagai rekayasa iklim sederhana, penggunaan traktor untuk pengolahan tanah di lahan non rumah kaca, dan juga sprinkler sebagai alat penyiram tanaman. Sedangkan sistem pemeliharaan tanaman pada pertanian konvensional modern otomatis dalam rumah kaca berbasis IoT adalah pemeliharaan tanaman yang mencakup pemberian air, nutrisi, pestisida yang terintegrasi dengan internet serta penggunaan sensor kelembapan tanah sebagai titik acuan untuk pemberian air di lahan secara otomatis berdasarkan value yang didapatkan dari sensor kelembapan tanah dengan 3 kriteria tanah, kering, lembab dan sangat lembap.

Pembangunan sistem pemeliharaan tanaman ini bertujuan untuk meminimalisir pemborosan air di lahan, pemberian nutrisi tanaman menjadi lebih terarah dan memaksimalkan pengendalian organisme pengganggu tanaman. Pembangunan sistem pemeliharaan tanaman ini menggunakan Raspberry Pi sebagai *mini* PC dan Arduino sebagai mikro kontroler, serta aplikasi berbasis *web* sebagai antarmuka untuk petani. Tahap pengerjaan dimulai dengan membangun *web service* RESTful API dengan pertukaran data berbasis JSON. *Web service* ini akan terkoneksi pada sebuah *database*. *Web service* yang nantinya akan menerima data dari aplikasi web sistem pemeliharaan tanaman pada Raspberry Pi dan aplikasi web client petani sebagai antarmuka bagi petani. Selanjutnya data disimpan pada *database*, kemudian apabila aplikasi membutuhkan data tersebut maka *web service* akan mengirimkan data tersebut sesuai dengan kebutuhannya. Penggunaan Raspberry Pi disini bertujuan untuk antarmuka petani di lahan (rumah kaca) dan Arduino untuk mengendalikan sensor-sensor yang digunakan.

Purwarupa ini dapat mempermudah pekerjaan petani yang ada di Balai Penelitian Tanaman Sayuran, dan penelitian ini sudah sesuai dengan tujuan yang diharapkan.

Kata Kunci: : Arduino, Sistem Pemeliharaan Tanaman, *Internet of Things*, Raspberry Pi, *Web*

1. PENDAHULUAN

Balai Penelitian Tanaman Sayuran (Balitsa) merupakan salah satu Unit Pelaksana Teknis (UPT) Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian yang berada di bawah koordinasi dan bertanggung jawab langsung kepada Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura. Beralamat di Jl. Tangkuban Perahu Raya No.517, Cikole, Lembang, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat 40391.

Pertanian konvensional merupakan salah satu sistem bercocok tanam dengan media tanam tanah, pertanian konvensional terbagi ke dalam dua jenis yaitu pertanian konvensional tradisional dan pertanian konvensional modern. Pertanian konvensional tradisional yaitu pertanian konvensional yang masih menggunakan alat-alat pertanian tradisional sehingga semua tahapan proses budidaya tanaman masih manual dan membutuhkan banyak tenaga kerja. Ciri dari pertanian konvensional tradisional adalah penggunaan cangkul sebagai alat pengolah tanah, *handsprayer* yang dipompa manual oleh tangan untuk penyemprotan pestisida, serta selang atau embrat sebagai alat penyiram tanaman. Sedangkan pertanian konvensional modern yaitu pertanian konvensional yang sudah menerapkan berbagai inovasi teknologi untuk memberi kemudahan bagi petani dalam membudidayakan tanaman. Ciri dari pertanian konvensional modern adalah penggunaan rumah kaca sebagai rekayasa iklim sederhana, penggunaan traktor untuk pengolahan tanah di lahan non rumah kaca, dan juga sprinkler sebagai alat penyiram tanaman.

Berdasarkan wawancara yang dilakukan dengan kepala seksi jasa penelitian di Balai Penelitian Tanaman Sayuran yang bernama Andi Supriadi S.T. didapatkan informasi bahwa sebagian besar jenis budidaya yang diterapkan disini adalah dengan menggunakan sistem pertanian konvensional yang masih tradisional dan hanya sedikit saja yang sudah beralih kepada pertanian konvensional modern. Karena pertanian konvensional yang masih tradisional lebih murah maka di Indonesia

khususnya daerah Lembang dan semua jenis tanaman dapat dibudidayakan dengan cara ini. Walaupun banyak kekurangan dalam pertanian konvensional yang masih tradisional, namun pertanian jenis ini masih menjadi salah satu cara budidaya tanaman yang paling sering dipakai oleh para petani.

Proses pada tahapan persiapan lahan diawali dengan sanitasi lahan, alat yang digunakan pada proses ini adalah cangkul. Kemudian setelah sanitasi lahan selesai, lalu dilakukanlah proses pembalikkan tanah agar unsur hara dan kandungan bahan organik di dalam tanah dapat tercampur rata. Pemupukan dasar termasuk kedalam salah satu tahapan proses persiapan lahan, pemupukan dasar menggunakan pupuk organik. Setelah dibiarkan selama kurang lebih 2 minggu, tanah siap untuk ditanami benih atau bibit dari tanaman yang telah disemai sebelumnya. Langkah selanjutnya adalah proses pemeliharaan tanaman. Kegiatan pemeliharaan tanaman adalah melakukan penyiangan, pembumbunan, penyiraman, pengendalian OPT (Organisme Pengganggu Tanaman), pemberian nutrisi pada tanaman dan pemupukan lanjutan untuk tanah. Tetapi mengapa masih banyak tanaman yang tumbuh tidak seragam, ternyata permasalahan tersebut tidak hanya berasal dari gen tanaman itu saja, perlakuan manusia pada tanaman budidaya pun mempengaruhi. Penyiraman yang tidak sesuai dengan kebutuhan air pada tanaman, pemberian nutrisi dan penyemprotan pestisida yang tidak merata termasuk ke dalam faktor pendukung terjadinya ketidakseragaman pertumbuhan suatu populasi tanaman di lahan. Petani biasanya melakukan penyiraman dengan menggunakan embrat dan melakukan pemupukan manual dengan cara menabur atau mengubur pupuk disekitar tanaman. Sedangkan untuk pemberian pupuk dan penyemprotan pestisida, petani menggunakan sebuah alat yang bernama *handsprayer*. Cara penggunaan *handsprayer* manual adalah dengan memompa alat tersebut sehingga pupuk daun cair dan larutan pestisida akan keluar melalui nozzle yang berada pada ujung selang *handsprayer*. Dalam kasus ini, pemberian air dan pupuk biasanya tidak merata antara satu tanaman dengan tanaman yang lain, petani hanya akan memperkirakan debit air yang disemprotkan dan dosis pupuk yang diberikan pada tanaman, apabila organisme pengganggu tanaman yang menyerang mempunyai daya bertahan hidup yang tinggi tentunya cara pengendaliannya akan semakin sulit. Itulah alasan mengapa cara manual lebih banyak kekurangan dan menyebabkan lebih banyak kerugian.

Rumah kaca mulai digalakan di Balitsa sebagai langkah awal perpindahan sistem pertanian konvensional tradisional menjadi pertanian konvensional modern. Tujuannya adalah untuk mengurangi resiko penyebaran hama dan penyakit pada tanaman budidaya. Sebagian rumah kaca juga dapat merekayasa iklim didalamnya. Dengan diterapkannya sistem pemeliharaan tanaman otomatis pada tanaman budidaya di dalam rumah kaca ini diharapkan dapat semakin menekan penyebaran hama dan penyakit dan memperbesar peluang keberhasilan panen tanaman budidaya dengan pertumbuhan yang optimal.

Dari pernyataan tersebut maka dibutuhkan sebuah sistem yang dapat melakukan penyemprotan tanaman otomatis, pemberian nutrisi tanaman otomatis serta pengendalian organisme pengganggu tanaman otomatis.

Berdasarkan masalah di atas, maka solusi yang dapat dilakukan adalah dengan "Pembangunan Sistem Pemeliharaan Tanaman Dan Pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman Otomatis Berbasis *Internet Of Things*".

Adapun tujuan penelitian yang akan dicapai dari pembangunan sistem ini adalah sebagai berikut:

1 Meminimalisasi pemborosan air di lahan dengan cara melakukan perhitungan kebutuhan air sebelum melakukan penyiraman.
2 Pemberian nutrisi tanaman lebih terarah dengan cara menghitung kebutuhan nutrisi dengan mengikuti anjuran dosis pemakaian dan proses pemberian nutrisi tersebut dibantu oleh alat pemeliharaan tanaman otomatis.
3 Memaksimalkan pengendalian OPT secara kimiawi dengan cara melakukan perhitungan kandungan pestisida dan mengamati banyaknya serangan hama dan penyakit yang menyerang tanaman budidaya.

2. ISI PENELITIAN

2.1 Landasan Teori

Landasan teori dari pembangunan sistem ini menguraikan teori-teori dasar untuk proses analisis sistem serta mendukung proses pembangunan sistem pemeliharaan tanaman dan pengendalian organisme pengganggu tanaman otomatis berbasis *internet of things* (IoT) dengan studi kasus di Balai Penelitian Tanaman Sayuran (Balitsa).

2.1.1 Pemeliharaan Tanaman

Pemeliharaan tanaman secara umum mencakup kegiatan-kegiatan yang berkaitan dengan menjaga kelangsungan hidup tanaman agar tanaman tumbuh secara optimal. Pemeliharaan tanaman sangatlah penting, karena merupakan salah satu faktor penentu dalam produktivitas tanaman, Semakin baik proses pemeliharaan tanaman maka tingkat produktivitas tanaman akan semakin tinggi. Pemeliharaan tanaman ini adalah tindakan manusia yang bertujuan untuk memberi kondisi lingkungan yang sesuai dengan syarat tumbuh tanaman sehingga tanaman dapat tumbuh optimal.

2.1.2 Internet of Things

Internet of Things atau dikenal dengan singkatan IoT, merupakan sebuah konsep dasar yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet

yang tersambung secara terus-menerus. Adapun kemampuan seperti berbagi data, remote control, dan sebagainya, termasuk pada benda di dunia nyata. Contohnya bahan pangan, elektronik, koleksi, peralatan dan termasuk benda hidup yang segalanya tersambung ke jaringan lokal dan global melalui sensor yang tertanam dan selalu aktif[1].

Dalam kata *Internet of Things* terdapat kata *"A Things"* adalah sebagai subjek misalkan orang dengan monitor implant jantung. Hewan peternakan dengan transponder biochip, sebuah mobil yang telah dilengkapi oleh *built-in* sensor untuk memperingatkan pengemudi ketika tekanan ban rendah. *Internet of Things* paling erat hubungannya dengan komunikasi machine-to-machine (M2M) di bidang manufaktur dan listrik, perminyakan, dan gas. Produk dibangun dengan kemampuan komunikasi M2M yang sering disebut dengan sistem cerdas atau "*smart*". (contoh: *smart* label, *smart* meter, *smart* grid sensor)[1].

2.1.3 Raspberry Pi

Raspberry Pi merupakan mini pc papan tunggal (single-board circuit) yang di desain memiliki input output digital port yang tersusun sebanyak 40 pin. Ukuran dari raspberry phi ini hanya sebesar kartu kredit namun dapat menjalankan program perkantoran, permainan, serta menjalankan media seperti video dengan resolusi tinggi. Nirlaba, Raspberry Pi Foundation merupakan yayasan yang mengembangkan Raspberry dimana terdapat ahli komputer dari universitas Cambridge, Inggris[2].

Dalam Raspberry Pi sudah dilengkapi dengan prosesor ARM1176JZF-S 700 MHz, RAM ini sebesar 256 MB dan juga sebuah GPU VideoCore IV. Pada penyimpanan data, Raspberry Pi tidak menggunakan Hard Disk namun Raspberry Pi dapat menggunakan SD Card untuk menyimpan data, baik itu data Operating System ataupun untuk media penyimpanan data jangka panjang[2].

2.1.4 Arduino

Arduino adalah sebuah *board* mikrokontroler yang bersifat *open source*, dimana desain skematik dan PCB bersifat *open source*, sehingga kita dapat menggunakannya maupun melakukan modifikasi. Perangkat keras dan perangkat lunaknya mudah digunakan, perangkat ini ditujukan bagi siapapun yang tertarik/memanfaatkan mikrokontroler secara praktis dan mudah. Bagi pemula dengan menggunakan *board* ini akan mudah mempelajari pengendalian dengan mikrokontroler, bagi desainer pengontrol menjadi lebih mudah dalam membuat prototipe ataupun implementasi. Arduino dapat digunakan untuk mendeteksi lingkungan dengan menerima masukan dari berbagai sensor (misal : cahaya, suhu, inframerah, ultrasonik, jarak, tekanan, kelembapan) dan dapat mengendalikan peralatan sekitarnya (misal : lampu, berbagai jenis motor dan aktuator lainya)[3].

Arduino uno merupakan papan yang dapat digunakan oleh pemula karena *source code* serta dokumentasi yang terdapat pada internet rata-rata menggunakan arduino uno sebagai papan utama. Arduino uno merupakan mikrokontroler yang berbasis pada ATmega 328P. mikrokontroler memiliki 14 digital input/output, 6 analog input, 16 MHz Q1 Kristal, slot USB, ICSP, jack listrik, dan tombol reset[3].

2.1.5 Sensor Kelembapan Tanah SKU:SEN0114

Sensor kelembaban tanah dapat membaca jumlah kelembaban yang ada di tanah dan sekitarnya.

Sensor Arduino kelembapan tanah ini menggunakan 2 pemeriksaan untuk melewati arus melalui tanah dan kemudian terbaca bahwa ketahanan untuk mendapatkan tingkat kelembapan[4].

2.1.6 Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik bekerja dengan cara memancarkan suatu gelombang dan kemudian menghitung waktu pantulan gelombang tersebut. gelombang ultrasonik bekerja pada frekuensi mulai dari 20 KHz sampai dengan 20 MHz[3].

2.1.7 Sensor Suhu DHT11

DHT 11 adalah sensor yang keluarannya dua parameter lingkungan sekaligus, yaitu suhu dan kelembaban udara (*humidity*). Dalam sensor ini terdapat sebuah thermistor tipe NTC (*Negative Temperature Coefficient*) untuk mengukur suhu, sebuah mikrokontroller 8-bit yang mengolah kedua sensor tersebut dan mengirim hasilnya ke pin output dengan format *single-wire bi-directional* (kabel tunggal dua arah)[3].

2.2 Analisis Sistem

Analisis sistem dapat didefinisikan sebagai penguraian dari suatu sistem yang utuh kedalam bagian-bagian komponennya dengan maksud untuk mengidentifikasi serta mengevaluasi permasalahan-permasalahan yang ada, hambatan-hambatan yang terjadi dan kebutuhan yang diharapkan.

2.2.1 Analisis Masalah

Pembangunan sistem pemeliharaan tanaman pada pertanian konvensional otomatis berbasis *Internet of Things* ini menggunakan Raspberry Pi dan Arduino sebagai mikrokontroler, serta aplikasi berbasis web sebagai antarmuka untuk petani sehingga memberikan kemudahan bagi para petani di lapangan. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa permasalahan yang terjadi di lapangan yaitu sebagai berikut:

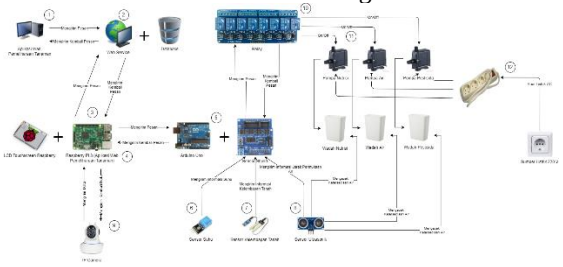
1. Terjadi pemborosan air ketika melakukan proses penyiraman karena banyaknya air yang digunakan untuk penyiraman tanaman budidaya tidak sesuai.
2. Dosis nutrisi yang tidak sesuai kebutuhan membuat tanaman tumbuh tidak optimal, karena biasanya hanya memperkirakan dosis

nutrisi yang dipakai dan bukan menggunakan takaran baku anjuran nutrisi.

3. Pengendalian OPT secara kimiawi yaitu dengan menggunakan pestisida seringkali menimbulkan masalah karena penggunaan jenis pestisida dan dosis pemberian pada tanaman yang tidak sesuai akan menimbulkan kerugian bagi petani dan tanaman itu sendiri.

2.2.2 Analisis Arsitektur Sistem

Analisis arsitektur sistem merupakan sistem yang akan dibangun, aplikasi sistem pemeliharaan tanaman yang berbasis internet ini akan berkomunikasi dengan Raspberry Pi yang dijembatani oleh *web service* dengan menggunakan pertukaran bahasa JSON, berikut ini adalah gambar dari Analisis Arsitektur Perancangan Sistem.



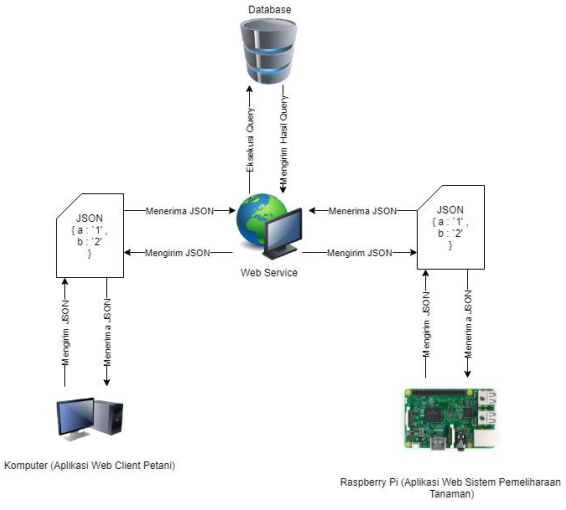
Gambar 1. Arsitektur Perancangan Sistem

Berikut ini adalah penjelasan dari gambaran arsitektur Pembangunan Sistem Pemeliharaan Tanaman Dan Pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman Otomatis Berbasis Internet Of Things.

1. Aplikasi web ini akan digunakan oleh petani, petani dapat melihat data lahan, monitoring lahan, dan mengendalikan perangkat.
2. Web service digunakan sebagai pertukaran data antara aplikasi web sistem pemeliharaan tanaman pada Raspberry Pi dengan database pada server.
3. Raspberry Pi dipasang di rumah kaca sebagai interface aplikasi untuk petani dengan dipasang LCD touch screen.
4. Selain itu Raspberry Pi juga berguna untuk menjembatani data yang didapat dari Arduino untuk dilanjutkan ke web service.
5. Arduino digunakan untuk membaca nilai sensor digital maupun sensor analog dengan memasang module tambahan yaitu Arduino Sensor Shield, module sensor shield ini digunakan untuk memudahkan pemasangan sensor.
6. Sensor suhu yang digunakan adalah DHT11, sensor ini digunakan untuk mengukur suhu serta kelembapan udara, diperuntukan untuk mengecek kondisi suhu dan kelembapan udara di rumah kaca, jika suhu dan kelembapan udara memungkin kan untuk penyiraman nutrisi.
7. Sensor kelembapan tanah yang digunakan adalah SKU:SEN0114, sensor ini digunakan untuk mengukur kelembapan tanah, diperuntukan mengecek kelembapan tanah, apakah kondisi tanah kering, lembap atau sangat lembap.
8. Sensor ultrasonik yang digunakan adalah HC-SR04, sensor ini digunakan untuk mengukur permukaan air serta ketersediaan nutrisi, ketersediaan pestisida pada tiap-tiap wadahnya.
9. Kamera yang digunakan adalah Escam IP Camera, digunakan untuk memonitoring keadaan di lahan secara realtime.
10. Relay digunakan sebagai saklar otomatis untuk perangakat elektronik, sesuai dengan inputan data pada Arduino, relay ini akan menyalakan dan mematikan pompa.
11. Pompa Submersible Pump digunakan sebagai pompa nutrisi, pompa air dan pompa pestisida.
12. Terminal listrik sebagai pembagi sumber listrik dari sumber utama.

2.2.3 Analisis Web Service

Dalam pembangunan *web service* yang berbasis RESTful dengan pertukaran data berbasis JSON. *Web service* akan terhubung ke *database*. *Web service* akan menerima data dari aplikasi web sistem pemeliharaan tanaman pada Raspberry Pi dan data disimpan ke *database*, kemudian apabila kedua aplikasi membutuhkan data tersebut maka *web service* akan mengirimkan data sesuai dengan kebutuhan aplikasi. Berikut ini adalah gambar dari alur data *web service*.

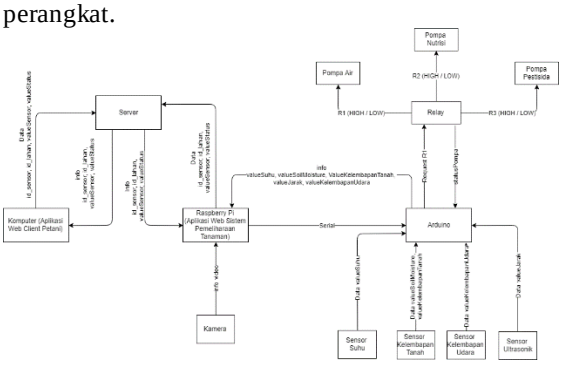


Gambar 2. Alur Data Web Service

2.2.4 Analisis Komunikasi Data

Komunikasi data merupakan suatu hal yang sangat penting dalam pembangunan sebuah aplikasi. Karena tanpa adanya komunikasi data, suatu aplikasi yang dibangun tidak akan bisa berjalan dengan semestinya. Komunikasi data yang digunakan pada aplikasi Sistem Pemeliharaan Tanaman Pada Pertanian Konvensional Modern Otomatis dalam Rumah Kaca Berbasis *Internet Of Things* ini adalah dengan menggunakan Serial Arduino untuk komunikasi antara Arduino dengan Raspberry Pi,

sedangkan untuk pertukaran data antara Raspberry Pi atau komputer yaitu dengan w*eb service* berbasis JSON. Berikut ini adalah alur komunikasi data antar perangkat.



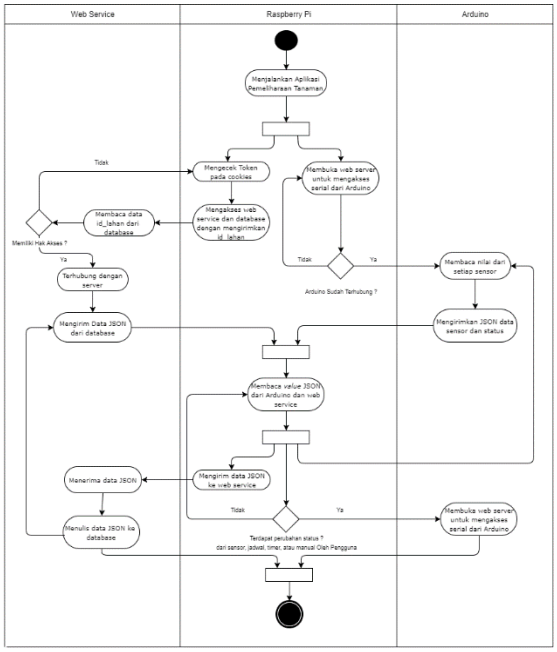
Gambar 3. Alur Komunikasi Data

Berikut ini adalah penjelasan dari alur komunikasi data:

1. Semua sensor mengirim data *value* dari sensornya masing-masing ke Arduino.
2. Kamera mengirim data berupa video.
3. Arduino akan mengirimkan *request* R1, R2, R3 ke Relay jika ada Serial yang dimasukkan (*HIGH* atau *LOW*).
4. Arduino akan mengirimkan data dengan format JSON ke Raspberry Pi.
5. Arduino menerima Serial yang dimasukkan dari Raspberry Pi sesuai dengan interaksi atau kondisi yang terjadi.
6. Raspberry Pi akan mengirimkan secara berkala data (id_sensor, id_lahan, valueSensor, valueStatus) ke *Server* dan sebaliknya *Server* juga mengirimkan info (id_sensor, id_lahan, valueSensor, valueStatus) ke Raspberry Pi jika dibutuhkan.
7. Komputer akan menerima secara berkala info (id_sensor, id_lahan, valueSensor, valueStatus) dari *Server* dan sebaliknya *Server* juga menerima data (id_sensor, id_lahan, valueSensor, valueStatus).

2.2.5 Analisis Alur Kerja Raspberry Pi, Arduino, *Web Service* pada Sistem Pemeliharaan Tanaman

Alur kerja Raspberry Pi, Arduino dan *Web Service* pada Sistem Pemeliharaan Tanaman berfungsi sebagai *device* petani yang digunakan untuk menjalankan aplikasi sistem pemeliharaan tanaman, dan sebagai *interface* untuk interaksi petani dengan aplikasi web yang ada di Raspberry Pi. Arduino digunakan untuk mengendalikan perangkat elektronik serta mengirimkan data dari beberapa sensor yang akan diolah oleh aplikasi web sistem pemeliharaan tanaman pada Raspberry Pi. Sedangkan *web service* digunakan untuk menjembatani pertukaran data antara aplikasi web client petani dan aplikasi web sistem pemeliharaan tanaman yang ada di Raspberry Pi dengan *database* pada *server*. Berikut ini adalah gambar dari alur kerja pada Sistem Pemeliharaan Tanaman.



Gambar 4. Alur Kerja Raspberry Pi, Arduino, *Web Service* pada Sistem Pemeliharaan Tanaman

2.2.6 Analisis Nutrisi yang digunakan

Penggunaan nutrisi pada tanaman budidaya bergenus *Allium* yaitu bawang putih(*Allium sativum*) dan bawang merah(*Allium cepa*). Pada dasarnya dapat menggunakan berbagai macam pupuk yang memenuhi kriteria dan kebutuhan unsur hara tanaman, karena kebutuhan unsur hara makro dan mikro pada tanaman haruslah terpenuhi. Disini pupuk organik cair yang saya gunakan adalah pupuk organik cair pomi merah. Tiap liter pupuk organik cair pomi merah mengandung N 5.09%, $P_2 0_5$ 4.30% dan K_2O 5.46%. kandungan unsur hara makro tersebut merupakan paling maksimal untuk ukuran pupuk organik. Pomi merah juga mengandung takaran unsur hara mikro yang tepat bagi tanaman budidaya bergenus *Allium* khususnya bawang putih(*Allium sativum*) dan bawang merah(*Allium cepa*) yaitu Fe 410 ppm, Mn 737 ppm, Cu 440 ppm, Zn 354 ppm, B 250 ppm, CO 12 ppm dan Mo 3 ppm. Kelebihan dari pupuk organik cair pomi merah adalah pomi merah mengandung hormon pertumbuhan dan berbagai mikroorganisme yang sangat menguntungkan bagi tanah dan tanaman, Pomi merah juga memilika pH 4.55. Dosis penggunaan pupuk organik cair pomi merah adalah dengan melarutkan 5 cc pomi merah/liter air.

2.2.7 Analisis Kebutuhan Non Fungsional

Analisis kebutuhan non fungsional merupakan analisis yang dibutuhkan untuk spesifikasi kebutuhan sistem. Spesifikasi kebutuhan non fungsional adalah spesifikasi yang rinci tentang hal-hal yang akan dilakukan sistem ketika diimplementasikan. Analisis ini diperlukan untuk menentukan spesifikasi masukan yang diperlukan sistem, keluaran yang akan dihasilkan oleh sistem

dan lingkup proses yang digunakan untuk mengolah masukan menjadi keluaran yang diinginkan. Kebutuhan non fungsional yang dibutuhkan untuk membangun sistem ini terdiri dari tiga hal, diantaranya kebutuhan perangkat keras, kebutuhan perangkat lunak, dan kebutuhan pengguna.

2.2.7.1 Analisis Kebutuhan Perangkat Keras

Perangkat keras yang akan digunakan berdasarkan kebutuhan minimal yang harus terpenuhi yaitu:

1. Perangkat Keras Komputer Untuk Petani
2. Perangkat Raspberry Pi 3 Untuk di Lahan Rumah Kaca
3. Perangkat Keras *Smartphone* Untuk Petani
4. Perangkat Keras *Server Hosting*
5. Perangkat Keras Arduino Uno
6. Perangkat Keras Relay
7. Perangkat Keras Kamera
8. Perangkat Keras SKU:SEN0114
9. Perangkat Keras HC-SR04
10. Perangkat Keras Sensor DHT11

2.2.7.2 Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak

Analisis kebutuhan perangkat lunak merupakan proses analisis yang lebih menekankan kepada aspek pemanfaatan perangkat lunak. Berikut ini adalah tabel dari spesifikasi kebutuhan minimum perangkat lunak pada komputer yang akan menggunakan aplikasi ini.

Tabel 1. Spesifikasi Minimum Perangkat Lunak Komputer

Perangkat Lunak	Kebutuhan minimal
Sistem Operasi	Microsoft Windows 7
Web Browser	Google Chrome

Berikut ini adalah tabel untuk kebutuhan minimum spesifikasi perangkat lunak pada Raspberry Pi yang akan menggunakan aplikasi ini.

Tabel 2. Spesifikasi Minimum Perangkat Lunak Raspberry Pi

Perangkat Lunak	Kebutuhan minimal
Sistem Operasi	Raspbian Jessie with PIXEL 2017.04.10
Web Browser	Chromium
Node JS *Version*	7.9.0

Berikut ini adalah tabel untuk kebutuhan minimum spesifikasi perangkat lunak pada *server hosting* yang akan dipasang aplikasi web pemeliharaan tanaman *monitoring* dan *web service*.

Tabel 3. Spesifikasi Minimum Perangkat Lunak *Server Hosting*

Perangkat Lunak	Kebutuhan minimal
cPanel *Version*	64.0 (build 19)
Apache *Version*	2.4.25
PHP *Version*	5.6.30
MySQL *Version*	10.0.30-MariaDB
Architecture	x86 / x64
Operating System	Linux
Perl *Version*	5.10.1
Kernel *Version*	2.6.32-673.26.1.lve1.4.22.el6.x86_64

2.2.7.3 Analisis Kebutuhan Pengguna

Analisis pengguna dimaksudkan untuk mengetahui siapa saja pengguna yang terlibat beserta karakteristiknya sehingga dapat diketahui tingkat pengalaman dan pemahan pengguna terhadap komputer. Berikut ini adalah Analisis kebutuhan pengguna.

Tabel 4. Analisis Kebutuhan Pengguna

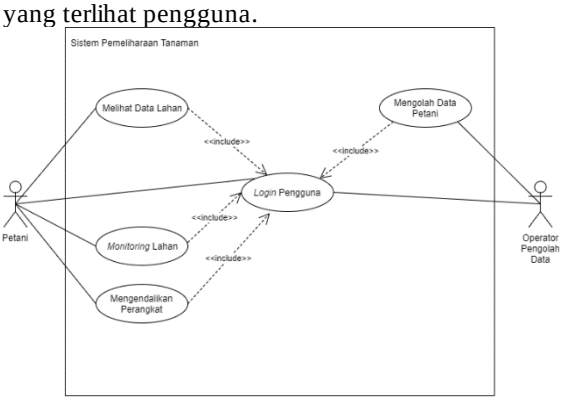
No	Pengguna	Spesifikasi
1	Petani	Pendidikan SMP sampai dengan SMA Dapat menggunakan sistem operasi Windows Dapat menggunakan aplikasi berbasis web
2	Operator Pengolah Data	Pendidikan S1 Dapat Menggunakan sistem operasi Windows Dapat menggunakan aplikasi berbasis web

2.2.8 Analisis Kebutuhan Fungsional

Analisis kebutuhan fungsional menggambarkan proses kegiatan yang akan diterapkan dalam sistem dan menjelaskan kebutuhan yang diperlukan agar sistem dapat dibangun dengan baik serta sesuai dengan kebutuhan sistem.

2.2.8.1 Use Case Diagram

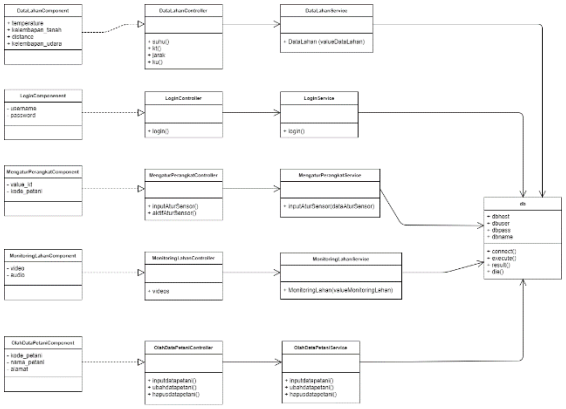
Use case diagram adalah diagram yang menunjukkan fungsionalitas suatu sistem atau kelas dan bagaimana sistem tersebut berinteraksi dengan dunia luar dan menjelaskan sistem secara fungsional yang terlihat pengguna.



Gambar 5. *Use Case Diagram*

2.2.8.2 Class Diagram

Class Diagram merupakan diagram struktural yang memodelkan sekumpulan kelas, *interface*, kolaborasi dan relasinya. *Class Diagram* digambarkan dengan kotak yang pada dasarnya terbagi atas tiga bagian, yaitu nama kelas, atribut, dan *method* atau operasi. Berikut ini adalah *Class Diagram* dari Sistem Pemeliharaan Tanaman.



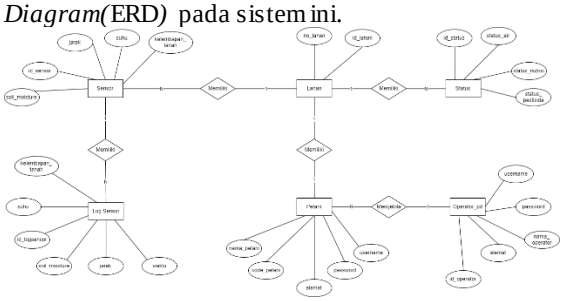
Gambar 6. *Class Diagram*

2.2.9 Analisis Basis Data

Analisis basis data adalah kegiatan menganalisis data yang akan diolah dan disimpan dalam *database*. Dalam analisis ini direpresentasikan dari mana data berasal dan atribut dari data tersebut. Basis data terbagi menjadi tiga yaitu *Entity Relationship Diagram* (ERD), skema relasi dan struktur tabel.

2.2.9.1 Entity Relationship Diagram (ERD)

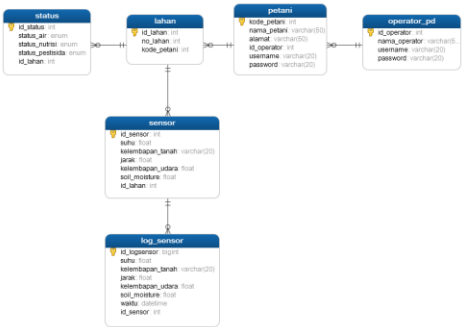
Entity Relationship Diagram (ERD) merupakan sebuah teknik untuk menggambarkan informasi yang dibutuhkan dalam sistem, dan hubungan antara data-data tersebut, untuk menggambarkannya digunakan beberapa notasi dan simbol. Dalam sistem ini terdapat beberapa buah entitas, yaitu sensor, lahan, log_sensor, petani, status, operator_pd. Berikut ini adalah *Entity Relationship Diagram(*ERD*)* pada sistem ini.



Gambar 7. Entity Relationship Diagram

2.2.9.2 Skema Relasi

Skema relasi merupakan rangkaian hubungan antara dua tabel atau lebih pada sistem basis data. Berikut adalah skema relasi pada sistem ini.



Gambar 8. Skema Relasi

2.3 Pengujian Sistem

Pengujian sistem merupakan bagian yang penting dalam siklus pembangunan perangkat lunak. Tujuan dari pengujian sistem ini adalah untuk menemukan kesalahan-kesalahan atau kekurangan-kekurangan yang terdapat pada perangkat lunak yang diuji. Pengujian dilakukan untuk mengetahui perangkat lunak yang dibangun sudah memenuhi kriteria yang sesuai dengan tujuan perancangan perangkat lunak tersebut. Pengujian dilakukan kepada sub sistem Web Petani Sistem Pemeliharaan Tanaman, sub sistem Web Client Petani dan sub sistem Web Operator Pengolah Data.

2.3.1 Pengujian Pada Tiap Sub Sistem Web

Berdasarkan pengujian terhadap fungsionalitas yang ada pada kedua sub sistem dengan menggunakan metode *black box* yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa sistem yang dibangun sudah bekerja sesuai dengan harapan.

2.3.2 Pengujian Perangkat Keras

Pengujian perangkat keras bertujuan untuk menjamin bahwa perangkat keras dapat bekerja dan memiliki kualitas yang handal.

2.3.2.1 Pengujian Sensor Kelembapan Tanah SKU:SEN0114

Pengujian sensor kelembapan tanah SKU:SEN0114 bertujuan untuk mengetahui kadar kelembapan tanah serta kepekaan deteksi kelembapan tanah. Sebelum melakukan pengujian, sensor sudah terhubung dengan Arduino untuk membaca keluaran *analog* sensor yang telah terkalibrasi untuk mendeteksi kadar kelembapan tanah. Pengujian ini dilakukan pada kondisi awal tanah 15,60% (Kering) dengan berat tanah 350 gram, serta bertahap menambahkan air mulai dari 75 mililiter hingga 250 mililiter. Berikut ini adalah tabel dari hasil pengujian yang dilakukan pada sensor SKU:SEN0114.

Tabel 5. Pengujian Sensor Kelembapan Tanah SKU:SEN0114

No.	Berat Tanah	Banyaknya Air	Kadar Kelembapan Tanah
1	350 gram	-	15,60% (Kering)
2	350 gram	75 mililiter	59,53% (Lembap)
3	350 gram	150 mililiter	65,44% (Lembap)
4	350 gram	250 mililiter	72,51% (Sangat Lembap)

Dari hasil pengujian diatas dapat disimpulkan bahwa apabila berat tanah 350 gram dan banyaknya air lebih dari 150 mililiter maka kadar kelembapan tanah akan Sangat Lembap.

2.3.2.2 Pengujian Sensor Suhu DHT11

Pengujian sensor suhu DHT11 bertujuan untuk mengetahui kepekaan mendeteksi suhu. Sebelum melakukan pengujian, sensor sudah terhubung dengan Arduino untuk membaca keluaran *digital* sensor yang telah terkalibrasi untuk mendeteksi suhu dengan satuan derajat Celcius (°C). Pengujian ini dilakukan pada suhu ruangan 22°C dan akan didekatkan dengan api. Berikut ini adalah tabel dari hasil pengujian yang dilakukan pada sensor DHT11.

Tabel 6. Pengujian Kenaikan Suhu Sensor DHT11

Suhu awal 22°C didekatkan pada Api		
No.	**Waktu Perubahan Suhu**	**Suhu Perubahan**
1	24 detik	23 °C
2	43 detik	24 °C
3	1 menit 0 detik	25 °C
4	1 menit 9 detik	26 °C
5	1 menit 18 detik	27 °C
6	1 menit 55 detik	28 °C
7	2 menit 3 detik	32 °C
8	2 menit 5 detik	33 °C
9	2 menit 10 detik	34 °C
10	2 menit 22 detik	35 °C

Dari hasil pengujian kenaikan suhu diatas maka kepekaan sensor suhu, yaitu semakin tinggi suhu saat ini maka akan lebih lama waktu yang dibutuhkan untuk mendeteksi suhu yang lebih panas dari 23°C sampai 38°C.

Sedangkan hasil pengujian penurunan suhu dari 35°C ke suhu normal 22°C dalam waktu 6 menit. Berikut ini adalah tabel dari hasil pengujian penurunan suhu yang dilakukan pada sensor DHT11.

Tabel 7. Pengujian Penurunan Suhu Sensor DHT11

Suhu awal 35°C Api dimatikan		
No.	**Waktu Perubahan Suhu**	**Suhu Perubahan**
1	10 detik	34 °C
2	24 detik	30 °C
3	38 detik	29 °C
4	50 detik	28 °C
5	1 menit 13 detik	27 °C
6	1 menit 28 detik	26 °C
7	1 menit 49 detik	25 °C
8	2 menit 31 detik	24 °C
9	3 menit 18 detik	23 °C
10	3 menit 22 detik	22 °C

Dari hasil pengujian penurunan suhu diatas maka kepekaan sensor suhu, yaitu semakin rendah suhu saat ini maka akan lebih lama waktu yang dibutuhkan untuk mendeteksi suhu yang lebih dingin dari 38°C sampai 25°C.

2.3.2.3 Pengujian Sensor Kelembapan Udara DHT 11

Pengujian sensor kelembapan udara DHT11 bertujuan untuk mengetahui kepekaan mendeteksi kelembapan udara. Sebelum melakukan pengujian, sensor sudah terhubung dengan Arduino untuk membaca keluaran *digital* sensor yang telah terkalibrasi untuk mendeteksi kelembapan udara. Pengujian ini dilakukan ketika cuaca mendung dan cuaca hujan. Berikut ini adalah tabel dari hasil pengujian Kelembapan Udara yang dilakukan pada sensor DHT11.

Tabel 8. Penguujian Sensor Kelembapan Udara DHT11

No.	Tempat	Cuaca	Waktu	Kadar Kelembapan Udara
1	Balitsa (Lembang)	Mendung	Pukul 18:21:38	49%
2	Balitsa (Lembang)	Mendung	Pukul 18:21:39	49%
3	Balitsa (Lembang)	Mendung	Pukul 18:21:40	49%
4	Balitsa (Lembang)	Mendung	Pukul 18:21:41	49%
5	Balitsa (Lembang)	Hujan	Pukul 18:27:03	62%
6	Balitsa (Lembang)	Hujan	Pukul 18:27:04	62%
7	Balitsa (Lembang)	Hujan	Pukul 18:27:05	62%
8	Balitsa (Lembang)	Hujan	Pukul 18:27:06	62%

Dari hasil pengujian kelembapan udara diatas dalam jangka waktu 6 menit lebih 3 detik sebelum hujan, kadar kelembapan udara adalah 49% sedangkan setelah hujan turun kelembapan udara menjadi 62%.

2.3.2.4 Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

Pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 bertujuan untuk mengetahui kepekaan mendeteksi ketersediaan air pada wadah. Sebelum melakukan pengujian, sensor sudah terhubung dengan Arduino untuk membaca keluaran *digital* sensor yang telah terkalibrasi untuk mendeteksi ketersediaan air pada wadah. Pengujian ini dilakukan pada wadah dengan ketinggian 40 cm, tetapi dikurangi dengan pompa yang ada pada wadah 6 cm. Berikut ini adalah tabel

dari hasil pengujian yang dilakukan pada sensor ultrasonik HC-SR04.

Tabel 9. Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

No.	Ketinggian Air pada Wadah	Banyaknya Air
1	34 cm	-
2	31 cm	1 liter
3	29 cm	2 liter
4	22 cm	4 liter
5	16 cm	6 liter

Dari hasil pengujian ketersediaan air diatas maka setiap ketinggian air berkurang 3 cm diperlukan air sebanyak 1 liter.

2.3.2.5 Pengujian Relay

Pengujian relay bertujuan untuk melihat respon dari Serial.read(). Sebelum melakukan pengujian, relay sudah terhubung dengan Arduino. Berikut ini adalah tabel dari hasil pengujian yang dilakukan pada relay.

Tabel 10. Pengujian Relay

No.	Memasukkan	Respon Relay
1	Serial.read() == '1'	Mengaktifkan Relay *Channel* 1
2	Serial.read() == '2'	Mengaktifkan Relay *Channel* 2
3	Serial.read() == '3'	Mengaktifkan Relay *Channel* 3
4	Serial.read() == '4'	Menonaktifkan Relay *Channel* 1
5	Serial.read() == '5'	Menonaktifkan Relay *Channel* 2
6	Serial.read() == '6'	Menonaktifkan Relay *Channel* 3
7	Value ="Kering" dari Sensor Kelembapan Tanah diterima	Mengaktifkan Relay Channel 1 sampai value ="Sangat Lembap" dari sensor kelembapan tanah

Dari hasil pengujian relay yang dicoba, maka hasil pengujian sudah sesuai dengan yang diharapkan.

2.3.3 Pengujian Beta

Pengujian beta merupakan pengujian yang dilakukan secara objektif dimana diuji secara langsung ke lapangan yaitu kepada petani dan karyawan di Balitsa untuk sub sistem client petani dan pengaplikasian pembangunan sistem pemeliharaan tanaman dan pengendalian organisme pengganggu tanaman otomatis berbasis internet of things.

Berdasarkan hasil pengujian beta melalui wawancara dengan Ketua Jasa Penelitian dan melalui kuesioner dengan beberapa responden di Balitsa yaitu petani, maka dapat disimpulkan bahwa pembangunan sistem pemeliharaan tanaman dan pengendalian organisme pengganggu tanaman otomatis berbasis *internet of things* (studi kasus di Balitsa) ini sudah sesuai dengan tujuan yang diharapkan yaitu dapat meminimalisir pemborosan air di lahan; pemberian nutrisi tanaman menjadi lebih terarah; pengendalian OPT menjadi semakin maksimal; dan dapat mempermudah pekerjaan petani dalam proses pemeliharaan tanaman.

3. PENUTUP

3.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang didapat dari penelitian yang dilakukan dalam penyusunan tugas akhir yang mengacu pada tujuan penelitian, maka dapat disimpulkan.

1. Purwarupa ini sudah dapat mengukur suhu, kelembaban tanah, kelembapan udara, ketersediaan air, ketersediaan nutrisi, dan ketersediaan pestisida yang dibutuhkan oleh tanaman.
2. Purwarupa ini sudah dapat mengendalikan perlakuan apa saja yang harus dilakukan pada tanaman, walaupun petani tidak sedang berada di lahan tetapi dapat melakukan pemeliharaan tanaman. Sehingga dapat mempermudah pekerjaan petani di lahan.
3. Pemborosan air di lahan dapat di minimalisir dengan adanya otomatisasi berdasarkan sensor kelembapan tanah.
4. Purwarupa ini sudah dapat memberikan kondisi lahan untuk mengetahui hal apa saja yang dibutuhkan oleh tanaman budidaya dalam rumah kaca sehingga petani mengetahui bagaimana kondisi tanaman yang dibudidayakan saat ini.

3.2 Saran

Pembangunan Sistem Pemeliharaan Tanaman Dan Pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman Otomatis Berbasis *Internet of Things* ini masih perlu pengembangan lebih lanjut lagi, diantaranya:

1. Rancang bangun purwarupa ini masih membutuhkan orang untuk mengisi kembali air, nutrisi dan pestisida yang ada pada wadah apabila sudah habis agar sistem ini dapat bekerja kembali.
2. Dalam mengimplementasikan rancang bangun purwarupa ini akan lebih baik apabila wadah yang digunakan berukuran besar atau langsung dari tempat air yang tersedia, agar petani tidak pelu isi ulang air pada wadah.
3. Rancang bangun purwarupa ini akan lebih baik apabila kamera yang digunakan untuk memonitoring lahan disisipkan *image recognition* dan dapat mengetahui adanya hama atau pengganggu pada tanaman.
4. Dalam mengimplementasikan rancang bangun purwarupa ini memerlukan

pemahaman yang ahli tentang ilmu pertanian dan tahapan proses budidaya tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Y. Yudhanto, "Apa itu IoT ? (Internet of Things)," *May 15, 2015*, 2015. [Daring]. Tersedia: http://ilmukomputer.org/2015/05/15/apa-itu-iot-internet-of-things/. [Diakses: 22-Okt-2017].

[2] D. Setiawan, "Mengenal Raspberry Pi," pp. 1–7, 2014.

[3] H. Adrianto and A. Darmawan, *Arduino Belajar Cepat dan Pemrograman*, 2nd ed. Bandung: Informatika Bandung, 2017.

[4] Dfrobot, "Moisture Sensor (SKU:SEN0114)," 2017. [Daring]. Tersedia: https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Moisture_Sensor_(SKU:SEN0114). [Diakses: 22-Okt-2017].