

LAPORAN HASIL PENELITIAN
KLUSTER PENELITIAN DASAR INTERDISIPLINER
TAHUN ANGGARAN 2021

Sistem Pintar Penyiram Tanaman Menggunakan Teknologi IoT dan *Fuzzy Inference System* dalam Rangka Mewujudkan *Green Campus* di UIN Syarif Hidayatullah Jakarta



Tim Peneliti:

Koordinator: Nenny Anggaraini, M.T.
Anggota: Deny Saputra, S.T.

PUSAT PENELITIAN DAN PENERBITAN (PUSLITPEN) DAN LP2M
UIN SYARIF HIDAYATULLAH JAKARTA
2021

Sistem Pintar Penyiram Tanaman Menggunakan Teknologi IoT dan *Fuzzy Inference System* dalam Rangka Mewujudkan *Green Campus* di UIN Syarif Hidayatullah Jakarta

ABSTRAK

Beberapa tahun terakhir, perubahan iklim mulai dirasakan efeknya oleh manusia dan makhluk hidup di bumi. Perubahan iklim terjadi karena meningkatnya konsentrasi gas karbon dioksida dan gas-gas lainnya di atmosfer, Perubahan iklim yang terjadi saat ini berakibat cukup buruk dan berefek ke berbagai sektor kehidupan. Adanya perubahan iklim secara ekstrem ini banyak menjadi isu yang dibahas, termasuk di tingkat universitas. *Civitas academica* sebagai *agent of change* hendaknya contoh tentang pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*) di lingkungan kampus. Salah satu usaha mewujudkan konsep pembangunan berkelanjutan adalah dengan menerapkan konsep *Green Campus*. *Green campus* dapat didefinisikan sebagai program yang mengintegrasikan pembangunan lingkungan dan pembangunan kampus dalam pengelolaannya. Beberapa indikator dalam mewujudkan green campus adalah kebijakan pengelolaan kampus yang berorientasi pada pengelolaan lingkungan, termasuk di dalamnya adalah kegiatan untuk penghematan air, kertas, energi listrik, pengadaan Ruang Terbuka Hijau (RTH), dan pengelolaan sampah dengan menerapkan prinsip 3R (*reduce, reuse, recycle*). UIN Jakarta saat ini fokus kepada *green environment*, yaitu fokus pada kegiatan-kegiatan yang berkaitan dengan konservasi dan pemeliharaan kualitas lingkungan dalam semua aktivitas konsumsi energi dan sumber daya alam. Penghijauan, yang merupakan salah satu kegiatan pada *green campus*, telah mulai dilakukan di lingkungan UIN Jakarta. Kegiatan penanaman pohon dan bunga tidak hanya untuk memperindah lingkungan, tetapi juga untuk meningkatkan keberadaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) di lingkungan kampus dan memperbaiki kualitas udara. Agar gerakan penghijauan ini berhasil, diperlukan pemeliharaan, seperti penyiraman dan pemupukan secara teratur. Namun, cuaca yang sering berubah, pergeseran musim, dan luasnya lahan yang harus dipelihara menyebabkan penyiraman terhadap tanaman tidak bisa bergantung tenaga manusia saja. Apalagi kondisi pandemi di Indonesia menyebabkan hampir semua pegawai bekerja dari rumah, sehingga pemeliharaan tanaman akan terkendala untuk kegiatan penyiraman tanaman. Berkaitan dengan *green campus* dan *green environment*, teknologi sistem benam, *sensor network* dan *internet of things* dapat digunakan untuk membantu kegiatan penyiraman tanaman secara terotomasi. Hasil pada penelitian ini adalah system penyiraman tanaman pintar dapat mendeteksi keperluan penyiraman berdasarkan sensor suhu, kelembaban tanah, dan sensor hujan, hasil penelitian mencatat system dapat menjelaskan operasi penyiraman dengan valid dan sesuai kondisi batasan fuzzy inference.

Kata kunci : penyiram tanaman, *internet of things*, *fuzzy inference system*, *green campus*, *green environment*.

KATA PENGANTAR

Syukur tiada henti peneliti panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan nikmat, rahmat dan hidayah-Nya kepada peneliti sehingga dapat menyelesaikan penulisan penelitian dengan judul “Sistem Pintar Penyiram Tanaman Menggunakan Teknologi IoT dan *Fuzzy Inference System* dalam Rangka Mewujudkan *Green Campus* di UIN Syarif Hidayatullah Jakarta” penelitian ini diajukan sebagai bukti penyelesaian penelitian yang ditujukan untuk HIBAH PENELITIAN TAHUN ANGGARAN 2021 Kepada PUSAT PENELITIAN DAN PENERBITAN (PUSLITPEN) UIN SYARIF HIDAYATULLAH JAKARTA

Peneliti menyadari, penelitian dan penulisan ini tidak akan berjalan baik dan lancar tanpa bantuan dari segenap pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, peneliti ucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Hj. Amany Lubis, MA selaku Rektor UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
2. Prof. Dr. Lily Surraya Eka Putri, M.Env.Stud. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
3. Imam Marzuki Shofi, M.T. selaku Ketua Prodi Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
4. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Informatika yang tidak mungkin peneliti sebutkan satu persatu.

Peneliti mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi kesempurnaan penelitian ini. Semoga penelitian ini dapat berguna dan bermanfaat bagi semua pihak.

Jakarta, 20 Desember 2021

Peneliti

Daftar isi

ABSTRAK.....	iv
KATA PENGANTAR	v
Daftar isi.....	vi
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan dan Signifikansi Penelitian.....	4
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	4
1.5 Sistematika Penulisan	5
BAB II.....	6
KAJIAN TEORI DAN LITERATUR.....	6
2.1 Wireless Sensor Network	6
2.2 Internet of things (IoT)	6
2.3 Raspberry Pi.....	7
2.4 Konsep Fuzzy	8
2.5 Sensor Kelembapan Tanah	11
2.6 Sensor Hujan.....	11
2.7 Sensor Suhu (DHT22)	12
2.8 Blynk.....	12
2.9 Kajian Terdahulu yang Relevan	14
BAB III.....	15
METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Metode Pengumpulan Data	15
3.2 Metode Pengembangan Sistem	15
BAB IV	17
PERANCANGAN.....	17
4.1 Pengumpulan Kebutuhan.....	17
4.2 Data dan Sumber Data	17

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beberapa tahun terakhir, perubahan iklim mulai dirasakan efeknya oleh manusia dan makhluk hidup di bumi. Perubahan iklim terjadi karena meningkatnya konsentrasi gas karbon dioksida dan gas-gas lainnya di atmosfer, atau disebut dengan efek gas rumah kaca. Indonesia merupakan salah satu penghasil gas rumah kaca terbesar di dunia, dan dapat menjadi negara yang berpotensi menghancurkan iklim dunia [1]. Data tahun 2018 dari World Resource Institute menyebutkan Indonesia menempati posisi ke 7 dari 10 negara penyumbang emisi gas rumah kaca terbesar di dunia. Indonesia menghasilkan 965,3 MtCO₂e atau setara 2% emisi dunia [2]. Meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca menyebabkan atmosfer semakin tebal. Penebalan lapisan atmosfer tersebut menyebabkan jumlah panas bumi yang terperangkap di atmosfer bumi semakin banyak, sehingga mengakibatkan peningkatan suhu bumi, yang disebut dengan pemanasan global.

Perubahan iklim yang terjadi saat ini berakibat cukup buruk dan berefek ke berbagai sektor kehidupan. Di beberapa tempat di Indonesia, perubahan iklim menyebabkan petani kopi di Kepahiang Bengkulu dan Manggarai Nusa Tenggara Timur gagal panen dan hanya dapat memanen 20% dari tanaman kopinya. Musim kemarau panjang di Indonesia juga mengakibatkan berubahnya pola tanam, yang mengakibatkan gagal panen. Contoh lain dari perubahan iklim adalah pemanasan suhu bumi, yang menyebabkan mencairnya es di bumi, kenaikan batas air laut, dan banjir [3].

Adanya perubahan iklim secara ekstrem ini banyak menjadi isu yang dibahas, termasuk di tingkat universitas. Universitas hendaknya tidak menjadi menara gading, tetapi menjadi lembaga yang dapat memberikan solusi kepada banyak pihak. *Civitas academica* sebagai *agent of change* hendaknya dapat memberi manfaat kepada lingkungan sekitarnya dan memberikan contoh tentang pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*) di lingkungan kampus. Salah satu usaha mewujudkan konsep pembangunan berkelanjutan adalah dengan menerapkan konsep *Green Campus*.

Green campus dapat didefinisikan sebagai program yang mengintegrasikan pembangunan lingkungan dan pembangunan kampus dalam pengelolaannya. Beberapa indikator dalam mewujudkan green campus adalah kebijakan pengelolaan kampus yang berorientasi pada pengelolaan lingkungan, termasuk di dalamnya adalah kegiatan untuk penghematan air, kertas, energi listrik, pengadaan Ruang Terbuka Hijau (RTH), dan pengelolaan sampah dengan menerapkan prinsip 3R (*reduce, reuse, recycle*) [4].

Di Indonesia konsep *green campus* telah diinisiasi sejak 2013, yaitu saat Kementerian Lingkungan Hidup dengan menetapkan lima kampus di Indonesia sebagai kampus percontohan untuk *green campus* yaitu Universitas Pattimura

Ambon, Universitas Sebelas Maret (UNS) Surakarta, Universitas Hasanuddin Makassar, Universitas Cendrawasih Jayapura, dan Universitas Diponegoro Semarang. Kelima kampus ini diharapkan menjadi pusat kegiatan dan pemberdayaan pemangku kepentingan untuk mencegah pencemaran dan kerusakan lingkungan [5]. Saat ini telah banyak universitas yang mengadopsi konsep *green campus* dalam pengelolaannya, seperti Universitas Indonesia, Universitas Diponegoro, Universitas Gajah Mada, IPB University, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, termasuk UIN Syarif Hidayatullah Jakarta. Universitas Indonesia bahkan telah membuat suatu standar tentang penerapan *green campus* yaitu UI Green Metric.

Menurut Wakil Rektor 4 UIN Jakarta Prof. Dr. Lily Surraya Eka Putri, M. Env, penerapan *green campus* di Indonesia telah dimulai sejak tahun 2007 dengan adanya riset tentang konsep strategis pengelolaan kampus di lingkungan UIN Jakarta. Riset ini kemudian dilanjutkan dengan riset tentang pengelolaan limbah organik kampus UIN Jakarta menjadi kompos dan biogas, pengukuran kualitas air di kampus UIN Jakarta, dan emisi gas kendaraan di kampus UIN Jakarta. Sebagai langkah serius penerapan *green campus*, pada tahun 2020 UIN Jakarta mengadopsi UI *Green Metric* [6].

Dalam sebuah webinar yang dimuat pada [7], Jakarta Prof. Dr. Lily Surraya Eka Putri, M.Env menyatakan penerapan *green campus*, UIN Jakarta saat ini fokus kepada *green environment*, yaitu fokus pada kegiatan-kegiatan yang berkaitan dengan konservasi dan pemeliharaan kualitas lingkungan dalam semua aktivitas konsumsi energi dan sumber daya alam. Untuk itu diperlukan teknologi ramah lingkungan sehingga nantinya tidak menghasilkan limbah dan gas rumah kaca yang dihasilkan dari aktivitas di lingkungan kampus UIN Jakarta.

Penghijauan, yang merupakan salah satu kegiatan pada *green campus*, telah mulai dilakukan di lingkungan UIN Jakarta. Kegiatan penanaman pohon dan bunga tidak hanya untuk memperindah lingkungan, tetapi juga untuk meningkatkan keberadaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) di lingkungan kampus dan memperbaiki kualitas udara. Agar gerakan penghijauan ini berhasil, diperlukan pemeliharaan, seperti penyiraman dan pemupukan secara teratur. Tanaman-tanaman mempunyai karakter yang berbeda, sehingga perlakuan terhadap masing-masing tanaman juga berbeda. Cuaca yang sering berubah, pergeseran musim, dan luasnya lahan yang harus dipelihara menyebabkan pengairan terhadap tanaman tidak bisa bergantung tenaga manusia saja. Apalagi kondisi pandemi di Indonesia menyebabkan hampir semua pegawai bekerja dari rumah, yang mengakibatkan pemeliharaan tanaman akan terkendala untuk kegiatan penyiraman tanaman. Jika kegiatan pemeliharaan ini tidak dilakukan sebagaimana mestinya, gerakan penghijauan akan terputus pada kegiatan menanam saja, sehingga tujuan untuk menerapkan *green campus* dan *green environment* tidak akan tercapai.

Perkembangan teknologi saat ini sudah sangat canggih dan dapat diimplementasikan ke berbagai aspek kehidupan manusia. Adanya kecerdasan buatan, teknologi sensor, teknologi sistem benam dan robotik, mengubah

pekerjaan konvensional manusia menjadi kegiatan yang terotomasi. Berkaitan dengan *green campus* dan *green environment*, teknologi sistem benam, *sensor network* dan *internet of things* dapat digunakan untuk membantu kegiatan penyiraman tanaman secara terotomasi. Manusia, dalam hal ini pengawas tanaman, akan bertindak sebagai pengawas dari kegiatan penyiraman yang dilakukan oleh peralatan yang dirangkai khusus.

Sistem penyiram tanaman secara otomatis telah banyak diteliti karena manfaatnya yang sangat besar bagi manusia. Salah satunya adalah tentang sistem penyiraman otomatis dan monitoring tanaman cabai menggunakan water sprinkle [8]. Pada penelitian ini dirancang peralatan yang terhubung dengan IoT untuk menggantikan sistem penyiram tanaman cabai yang konvensional. Hasil pemrosesan akan dikirim ke web dan sistem dapat dimonitor melalui smartphone. Penelitian [9] menggunakan *drip irrigation* dalam penyiraman tanaman pada *tomato greenhouse* di Beijing. *Drip irrigation* yang digunakan dilengkapi dengan teknologi IoT yang akan mengalirkan air sesuai kebutuhan tanaman tomat. Model sistem penyiraman lainnya adalah menggunakan IoT, kemudian data diolah menggunakan metode Fuzzy untuk menghasilkan waktu penyiraman yang akurat [10]. Fuzzy merupakan metode kecerdasan buatan yang banyak digunakan pada berbagai penelitian. Logika Fuzzy sangat fleksibel dan mempunyai kemampuan generalisasi data yang tidak tepat. Hal ini membuat logika fuzzy sangat banyak digunakan dalam pertanian, pengambilan keputusan, teori pengendalian, pengenalan pola, kesehatan dan lain-lain [11].

Berkaitan dengan *green campus* dan *green environment* dengan tujuan untuk penghijauan dan agar tanaman di lingkungan kampus UIN Jakarta selalu terawat, maka pada proposal ini diusulkan sebuah sistem otomasi penyiram tanaman menggunakan teknologi IoT dan *fuzzy inference system*. Sistem yang dibangun dapat dimonitor menggunakan *smartphone* sehingga pegawai yang bertanggung jawab untuk mengawasi taman mendapatkan informasi detail tentang penyiraman tanaman tersebut. Sensor diletakkan di beberapa titik pada lahan untuk menangkap kondisi lingkungan yang menjadi komponen syarat tumbuh, seperti suhu lingkungan, kelembaban tanah, dan cahaya. Kondisi lingkungan tersebut kemudian akan dihitung sedemikian rupa oleh mikrokontroler menggunakan metode Fuzzy, sehingga sistem dapat memberikan keputusan berapa lama waktu penyiraman yang diperlukan untuk tanaman. Dengan adanya sistem ini, diharapkan tanaman di lingkungan UIN syarif Hidayatullah Jakarta terpelihara dengan baik, sehingga tujuan penghijauan dan *green campus* dapat terwujud.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang dipaparkan di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana membangun sistem pintar penyiram tanaman menggunakan teknologi IoT dan *fuzzy inference system* dalam rangka mewujudkan *green campus* di UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.

1.3 Tujuan dan Signifikansi Penelitian

Berdasarkan masalah yang telah disebutkan, maka tujuan yang ingin dicapai dari kegiatan penelitian ini adalah:

1. Sistem yang dibuat dapat mengatasi masalah penyiraman tanaman berupa di lingkungan kampus UIN syarif Hidayatullah Jakarta, yaitu permasalahan kurangnya sumber daya manusia untuk melakukan pemeliharaan di masa pandemi, keadaan cuaca yang tidak menentu akibat perubahan iklim dan terbatasnya air untuk penyiraman.
2. Sistem yang dibuat dapat mempermudah pengawasan terhadap kegiatan penyiraman tanaman di lingkungan kampus UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
3. Mewujudkan *green campus* dan *green environment* melalui pemeliharaan tanaman secara teratur (penghijauan) dan penghematan air.

Signifikansi dari penelitian ini adalah:

1. Pemanfaatan teknologi di lingkungan kampus untuk penyiraman tanaman sehingga tanaman selalu terkontrol dan dilakukan secara otomatis.
2. Pelaksanaan pengawasan terhadap penyiraman tanaman secara langsung (real-time), sehingga dapat diketahui jika terjadi kendala pada alat dan status penyiraman tanaman.
3. Salah satu langkah dalam mewujudkan *green campus* UIN syarif Hidayatullah Jakarta
4. Bertambahnya Hak Kekayaan Intelektual (Hak Cipta) atas nama Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta untuk perangkat lunak yang dibuat.
5. Publikasi-publikasi makalah terindeks (Scopus) yang berafiliasi dengan Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, yaitu:
 - a. International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering, <http://www.sersc.org/journals/IJMUE/>.
 - b. TELKOMNIKA (Telecommunication, Computing, Electronics and Control) <http://journal.uad.ac.id/index.php/TELKOMNIKA>

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Batasan masalah pada penelitian ini antara lain :

1. Penelitian dilakukan di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
2. Sensor yang digunakan adalah sensor suhu, kelembaban tanah, dan sensor hujan.
3. Menggunakan Blynk untuk menghubungkan antara alat dan smartphone yang digunakan.
4. Metode pengembangan menggunakan *Structured Analysis Real Time (SART)*.

1.5 Sistematika Penulisan

Dalam penelitian ini pembahasan terbagi dalam lima bab yang secara singkat akan diuraikan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini akan dibahas mengenai latar belakang penulisan penelitian, batasan masalah, tujuan dan manfaat serta sistematika penulisan yang merupakan gambaran menyeluruh dari penulisan penelitian ini.

BAB II KAJIAN TEORI DAN LITERATUR

Dalam bab ini akan dibahas mengenai berbagai teori yang mendasari analisis permasalahan dan berhubungan dengan topik yang dibahas.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas mengenai metode penelitian yang akan digunakan dalam merancang dan membangun sistem.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan membahas segala perancangan dan langkah-langkah pembangunan sistem

BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas mengenai hasil dari analisis, perancangan, implementasi sesuai dengan metode yang dilakukan pada aplikasi yang dibuat.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

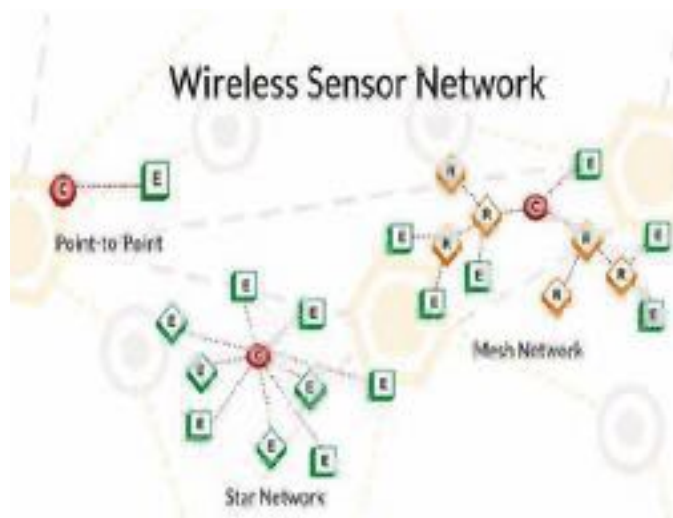
Pada bab terakhir ini akan menguraikan tentang kesimpulan dari hasil penelitian yang didapat dan juga saran yang dapat digunakan untuk pengembangan sistem ini kearah yang lebih baik lagi dimasa yang akan datang.

BAB II

KAJIAN TEORI DAN LITERATUR

2.1 *Wireless Sensor Network*

Wireless Sensor Network (WSN) adalah sebuah infrastruktur yang terdiri dari proses penginderaan (mengukur), komputasi, dan unsur-unsur komunikasi yang memberikan administrator kemampuan dalam proses instrumentasi, mengamati, dan bereaksi terhadap peristiwa dan fenomena dalam lingkungan yang telah ditetapkan. Skema WSN dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Wireless sensor network

Teknologi WSN merupakan suatu sistem terpadu yang terdiri dari sekelompok node/modul sensor terdistribusi dan terhubung pada suatu topologi jaringan dan berfungsi untuk mengekstrak dan berbagi informasi untuk diolah sesuai dengan kebutuhannya [13].

2.2 *Internet of things (IoT)*

Internet of Things atau IoT, mengacu pada miliaran perangkat fisik di seluruh dunia yang sekarang terhubung ke internet, dengan konsep mengumpulkan dan berbagi data. Perangkat yang digunakan sehari-hari seperti *smartphone*, smart TV, laptop, *personal computer*, sensor yang terhubung ke internet dapat digunakan oleh manusia melalui sebuah bentuk komunikasi baik antar benda tersebut maupun antara benda dan manusia. Penggunaan internet dan perangkat yang terhubung dengan internet seperti ini semakin meningkat dari

tahun ke tahun, bahkan menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari kehidupan manusia saat ini [14].

Menurut *Coordinator and support action for global RFID-related activities and standadisation* menyatakan *internet of things* (IoT) sebagai sebuah infrastruktur koneksi jaringan global, yang mengkoneksikan benda fisik dan virtual melalui eksploitasi data *capture* dan teknologi komunikasi. Infrastruktur IoT terdiri dari jaringan yang telah ada dan internet berikut pengembangannya. Hal ini menawarkan identifikasi obyek, identifikasi sensor dan kemampuan koneksi yang menjadi dasar untuk pengembangan layanan dan aplikasi koperatif yang berdiri secara independen, juga ditandai dengan tingkat otonomi data capture yang tinggi, event transfer, konektivitas pada jaringan dan juga interoperabilitas [15].



Gambar 2. Konsep IoT

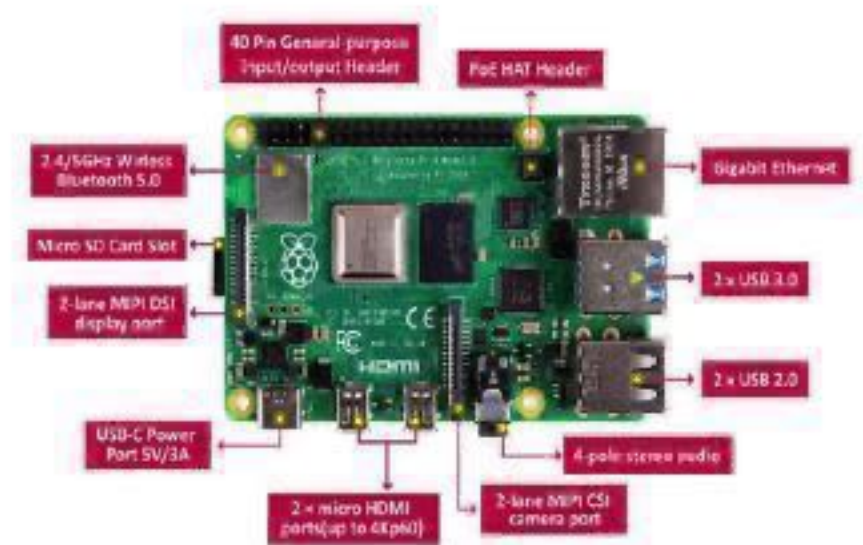
Konsep *internet of things* mencakup 3 elemen utama yaitu: benda fisik atau nyata yang telah diintegrasikan pada modul sensor, koneksi internet, dan pusat data pada server untuk menyimpan data ataupun informasi dari aplikasi. Penggunaan benda yang terkoneksi ke internet akan menghimpun data yang kemudian terkumpul menjadi *big data* untuk kemudian diolah, dianalisa baik oleh instansi pemerintah, perusahaan terkait, maupun instansi lain kemudian di manfaatkan bagi kepentingan masing-masing [15].

2.3 Raspberry Pi

Raspberry Pi (*Single Board Circuit*) yang merupakan computer papan tunggal, memiliki ukuran sebesar kartu kredit. Menggunakan system operasi Raspbian, dengan *processor* 700MHz ARM11. Terdapat dua tipe Raspberry Pi yakni tipe A dan B. perbedaannya pada kapasitas memori yang digunakan untuk tipe A 256MB dan tipe B 512MB. Penyimpanan data tidak menggunakan *harddisk* tetapi SD Card. Selain itu juga dilengkapi dua *port* USB, konektor HDMI dan *port ethernet*. Raspberry Pi membutuhkan energi sebesar 5v dengan arus minimal 7mA untuk tipe B dan 500mA untuk tipe A [16].

Raspberry Pi memiliki pin pin input dan output (IO) di antaranya sebagai berikut.

1. *General Purpose Input Output (GPIO)*. Pin tersebut dapat digunakan untuk membaca input dari tombol serta switches serta mengontrol actuator seperti LED, relay dan motor, yang difungsikan sebagai input atau output data digital
2. *Display Serial Interface (DSI) Connector*. Konektor ini dapat digunakan dengan menggunakan kabel pita tipis 15 pin sebagai penghubung antara LCD atau layer OLED
3. *Camera Serial Interface (CSI) Connector*. Port ini berfungsi sebagai penghubung langsung antara raspberry pi dengan sebuah modul kamera



Gambar 3. Raspberry pi

2.4 Konsep Fuzzy

Konsep Fuzzy Logic diperkenalkan oleh Lotfi A. Zadeh pada tahun 1972 pada papernya yang membahas tentang ketidakpastian. Zadeh memperkenalkan teori tentang objek direpresentasikan dalam himpunan fuzzy yang memiliki batasan yang tidak pasti dan nilai dari objek tersebut juga bukan logika benar atau salah. Konsep ini kemudian disebut teori Himpunan Fuzzy. Menurut Zadeh, logika fuzzy ditujukan menyediakan model untuk penalaran dimana penalaran tersebut bersifat perkiraan, bukan sesuatu yang pasti. Logika Fuzzy disusun berdasarkan fakta bahwa secara alami penalaran manusia, terutama penalaran akal sehat merupakan hasil perkiraan [17].

Logika Fuzzy didasari pada konsep himpunan Fuzzy yang memetakan domain input ke dalam domain output, dimana himpunan Fuzzy tidak menggunakan nilai tegas. Fuzzy menggunakan nilai Fuzzy (kabur) yang direpresentasikan dalam bentuk linguistic. Logika Fuzzy memiliki nilai derajat

keanggotaan, sehingga nilai yang diperoleh tidak hanya 0 dan 1, juga nilai diantara nilai 0 dan 1.

Penalaran logika fuzzy lebih mudah dipahami karena disusun berdasarkan penalaran manusia yang bersifat perkiraan. Logika Fuzzy juga sangat fleksibel dan mempunyai kemampuan generalisasi data yang tidak tepat. Hal ini membuat logika fuzzy sangat banyak digunakan dalam pertanian, pengambilan keputusan, teori pengendalian, pengenalan pola, kesehatan dan lain-lain [11]. Sendai Subway merupakan implementasi logika fuzzy yang terkenal yang beroperasi tahun 1988. Logika fuzzy digunakan untuk mengontrol jalur kereta [18].

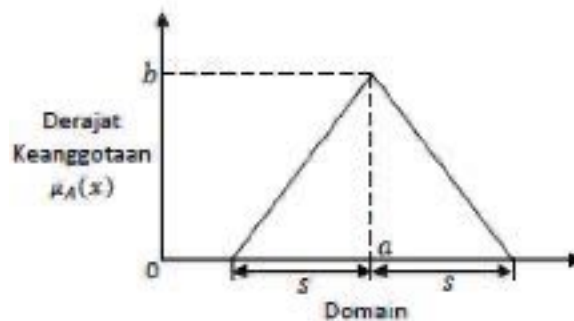
Crisp set atau himpunan tegas merupakan konsep himpunan yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari selain *fuzzy set*. Nilai kebenaran pada *crisp set* adalah 0 atau 1 untuk tiap individu pada himpunan semesta. Nilai selain 0 atau 1 tidak digunakan pada konsep *crisp set* [19]. Hal ini dapat menjadi kelemahan pada beberapa kasus karena penilaian terhadap sesuatu hal kadang kala tidak tepat jika menggunakan *crisp set*.

Nilai *crisp set* tersebut dapat diubah ke dalam konsep logika fuzzy dengan memetakan nilai *crisp* ke nilai fuzzy dalam interval $[0,1]$ melalui sebuah fungsi keanggotaan (*membership function*).

Jika X adalah kumpulan objek yang dilambangkan dengan x maka sebuah himpunan fuzzy $\tilde{A} = \{(x, \mu_A(x) \mid x \in X\}$. $\mu_A(x)$ merupakan fungsi keanggotaan yang memetakan X ke semesta keanggotaan M [18].

Beberapa jenis fungsi keanggotaan (*membership function*) yaitu [20]:

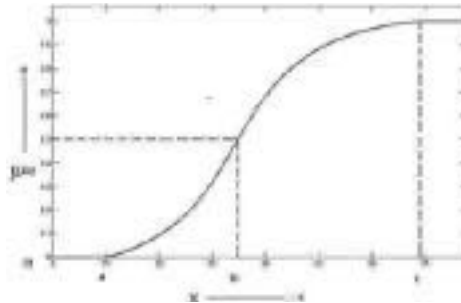
1. Triangular, merupakan fungsi keanggotaan yang cukup sering digunakan pada logika fuzzy. Pada fungsi triangular, hanya ada satu elemen yang mempunyai derajat keanggotaan = 1. Bentuk fungsi segitiga dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Fungsi keanggotaan triangular (segitiga)

Sebuah fungsi triangular mempunyai nilai keanggotaan sebagai berikut:

4. Fungsi S, biasanya digunakan untuk perkiraan analitis. Bentuk fungsi keanggotaan dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Fungsi keanggotaan fungsi S

Fungsi S mempunyai karakteristik sebagai berikut:

$$S(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ 2 \left[\frac{(x-c)}{(c-a)} \right]^2, & a \leq x \leq b \\ 1 - 2 \left[\frac{(x-c)}{(c-a)} \right]^2, & b \leq x \leq c \\ 1, & x \geq c \end{cases}$$

2.5 Sensor Kelembapan Tanah

Sensor kelembapan tanah digunakan untuk mengukur kadar air volumetrik tanah dan hilangnya kelembapan yang terjadi karena penguapan dan serapan tanaman. Untuk kelangsungan hidup semua tanaman, air adalah faktor yang paling penting. Sensor kelembapan tanah ini menentukan jumlah air yang dibutuhkan untuk irigasi tanaman.



Gambar 8. Sensor Kelembapan Tanah

2.6 Sensor Hujan

Sensor ini digunakan untuk mendeteksi hujan. Sensor ini juga dapat digunakan untuk mengukur intensitas hujan. Modul ini memiliki output digital serta output analog. Modul ini mengukur kelembapan melalui pin output analog dan ketika ambang batas kelembapan melebihi terlalu banyak, modul ini

Gambar Create New Project BLYNK

2. Blynk Server

Blynk server merupakan fasilitas Backend Service berbasis cloud yang bertanggung jawab untuk mengatur komunikasi antara aplikasi smart phone dengan lingkungan hardware. Kemampun untuk menangani puluhan hardware pada saat yang bersamaan semakin memudahkan bagi para pengembang sistem IoT. Blynk server juga tersedia dalam bentuk local server apabila digunakan pada lingkungan tanpa internet.

3. Blynk Library

Blynk Library dapat digunakan untuk membantu pengembangan code. Blynk library tersedia pada banyak platform perangkat keras sehingga semakin memudahkan para pengembang IoT dengan fleksibilitas hardware yang didukung oleh lingkungan Blynk

2.9 Kajian Terdahulu yang Relevan

Sistem penyiram tanaman secara otomatis telah banyak diteliti karena manfaatnya yang sangat besar bagi manusia. Pada [12] dilakukan riset tentang sistem penyiraman tanaman berbasis mikrokontroler dan panel surya. Panel surya digunakan sebagai sumber energi untuk mengoperasikan peralatan penyiraman. Peralatan dikontrol melalui aplikasi, sehingga dapat digunakan oleh masyarakat umum. Menurut respon pengguna, akurasi sistem mencapai 57% dan aplikasi ini memiliki kinerja yang cukup baik (70%).

Penelitian lain dilakukan untuk meneliti tentang sistem penyiraman otomatis dan monitoring tanaman cabai menggunakan water sprinkle [8]. Pada penelitian dirancang peralatan yang terhubung dengan IoT untuk menggantikan sistem penyiram tanaman cabai yang konvensional. Hasil pemrosesan akan dikirim ke web dan sistem dapat dimonitor melalui smartphone. Pada penelitian ini disimpulkan bahwa penyiraman secara otomatis meningkatkan pertumbuhan tanaman cabai. Petani juga dapat mengontrol tanaman melalui smartphone dan mendapatkan informasi detail tentang tanaman cabai yang ditanam. Penelitian [9] menggunakan *drip irrigation* dalam penyiraman tanaman pada *tomato greenhouse* di Beijing. Drip irrigation yang digunakan dilengkapi dengan teknologi IoT yang akan mengalirkan air sesuai kebutuhan tanaman tomat. Model sistem penyiraman lainnya adalah menggunakan IoT, kemudian data diolah menggunakan metode Fuzzy untuk menghasilkan waktu penyiraman yang akurat [10].

Dengan menggunakan metode Fuzzy, air dapat dihemat sebanyak 45% dibanding menggunakan irigasi konvensional. Fuzzy merupakan metode kecerdasan buatan yang banyak digunakan pada berbagai penelitian. Penalaran logika fuzzy lebih mudah dipahami karena disusun berdasarkan penalaran manusia yang bersifat perkiraan. Logika Fuzzy juga sangat fleksibel dan mempunyai kemampuan generalisasi data yang tidak tepat. Hal ini membuat logika fuzzy sangat banyak digunakan dalam pertanian, pengambilan keputusan, teori pengendalian, pengenalan pola, kesehatan dan lain-lain [11].

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dimaksudkan untuk mencari dan mengumpulkan data yang terkait dengan penelitian seperti :

1. Studi Pustaka dan Literatur sejenis
Peneliti mempelajari tiap konsep yang berkaitan dengan topik bahasan penelitian dengan cara membaca buku-buku referensi, e-book, artikel, jurnal dan *website*.
2. Observasi
Tahap observasi dilakukan dengan melihat proses penyiraman yang berjalan saat ini di Fakultas Sains dan Teknologi.

3.2 Metode Pengembangan Sistem

Untuk pengembangan sistem, penulis menggunakan metode pengembangan Perangkat Lunak Sistem Real-Time, atau *Structured Analysis Real Time (SART)*

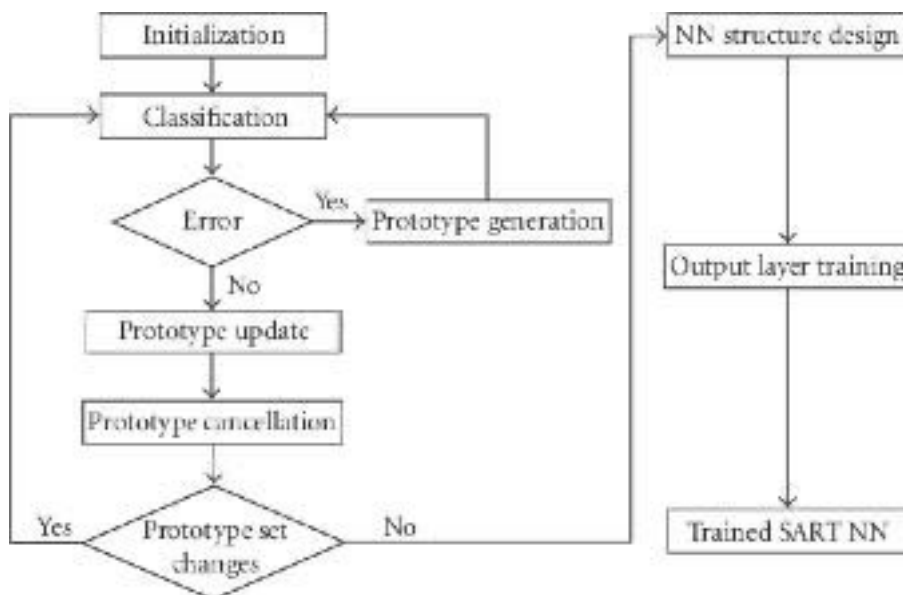
1. Proses Desain, merupakan kegiatan yang sangat kreatif yang mengandalkan keterampilan, pengalaman, dan penilaian desainer. Beberapa faktor perlu dipertimbangkan dalam proses perancangan perangkat lunak.
2. Desain *Real-Time* sebagai Fase Siklus Hidup Perangkat Lunak
 - a. Siklus Hidup untuk Sistem Real-Time (*Life-Cycle Considerations for Real-Time Systems*). Seperti sistem perangkat lunak apa pun, sistem real-time harus dikembangkan menggunakan model siklus-hidup. Model "water fall", adalah model pengembangan yang paling banyak digunakan, meskipun, baru-baru ini, model lain telah digunakan untuk mengatasi beberapa keterbatasannya. Ini termasuk model pengembangan tambahan (juga disebut sebagai prototipe evolusi).
 - b. Definisi Persyaratan (*Requirements Definition*). Karena sistem perangkat lunak real-time seringkali merupakan bagian dari sistem tertanam yang lebih besar, memungkinkan fase definisi persyaratan sistem mendahului definisi persyaratan perangkat lunak. Dalam hal ini, persyaratan fungsional sistem dialokasikan ke perangkat lunak dan perangkat keras sebelum definisi persyaratan perangkat lunak dimulai. Dalam lingkungan yang sangat terbatas ini, penekanannya biasanya pada pembuatan persyaratan yang berorientasi pada pengembang.
 - c. Desain arsitektur (*Architectural Design*). Selama fase ini, sistem disusun menjadi komponen penyusunnya. Faktor penting yang sering membedakan sistem real-time dari sistem lain adalah kebutuhan untuk mengatasi masalah penataan sistem real-time menjadi tugas bersamaan (proses). Bergantung pada metode desain yang digunakan dan / atau keputusan perancang. Faktor penting lainnya adalah pertimbangan aspek perilaku dari sistem real-time, yaitu urutan kejadian dan menyatakan

bahwa sistem mengalami suatu proses dan memberikan wawasan yang cukup dalam memahami aspek dinamis dari sistem.

- d. Desain terperinci, detail algoritmik dari masing-masing komponen sistem didefinisikan. Ini sering dicapai dengan menggunakan notasi bahasa desain program (PDL), juga disebut sebagai bahasa Inggris terstruktur atau pseudocode. Dalam sistem real-time, perhatian khusus harus diberikan pada algoritma untuk berbagi sumber daya dan penghindaran kebuntuan, serta antarmuka ke perangkat I / O perangkat keras.
- e. Pelaksanaan (Implementation). Karena sistem real-time sering merupakan sistem yang tertanam (*embedded*), pengujian seringkali lebih kompleks daripada sistem lainnya, mungkin membutuhkan pengembangan simulator lingkungan. Selain itu, kinerja sistem perlu diuji terhadap persyaratan.

SART adalah salah satu metode desain yang paling sering digunakan dalam aplikasi berorientasi teknis dan real-time yang diadopsi oleh berbagai *Case-Tools*. Dan terbagi dalam 4 modul:

1. *Context Diagram (CD)*.
2. *Data Flows Diagram (DFD)*.
3. *Control Flows Diagram (CFD)*.
4. *State Transition Diagram (STD)*.



Gambar 11. Kerangka berpikir SART

BAB IV

PERANCANGAN

Pada bab ini akan dibahas secara lengkap mengenai analisis, perancangan sistem, implementasi, dan pengujian dari sistem penyiram tanaman otomatis menggunakan fuzzy inference system berbasis raspberry pi 3.

4.1 Pengumpulan Kebutuhan

Pada tahap komunikasi ini, penulis melakukan pengumpulan data, pengumpulan data yang dimaksud adalah mencari dan mengumpulkan data yang terkait dengan penelitian seperti dasar teori, metodologi penulisan, metodologi proses, dan acuan penelitian sejenis. Dalam penelitian ini, metode pengumpulan data yang dilakukan adalah observasi, studi pustaka dan studi literatur.

4.2 Data dan Sumber Data

Pada penelitian ini digunakan beberapa data, yaitu:

1. Data observasi awal berupa pengamatan penyiraman tanaman di lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Jakarta.
2. Literatur sejenis

Dalam metode ini, peneliti melakukan pencarian jurnal dan literatur untuk mendukung penelitian.

4.3 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini berlokasi di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta. Sistem penyiram tanaman yang diusulkan dapat menyiram tanaman dengan dua buah karakter yang berbeda berdasarkan masukan dari kelembapan tanah, suhu, dan pendeteksi hujan. Hasil keputusan penyiraman akan terhubung ke relay untuk menyalakan atau memutus listrik yang terhubung dengan valve untuk menyalakan air.

4.4 Analisis Sistem Berjalan

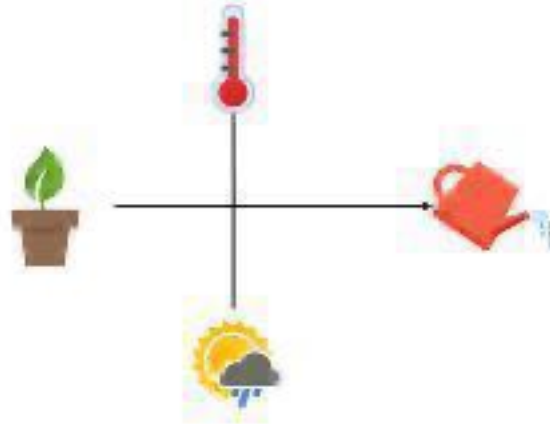


Gambar 12. Sistem yang berjalan

Dari observasi yang sudah dilakukan, sistem penyiraman yang sedang berjalan yang adalah pengurus kebun akan menyiram tanaman berdasarkan waktu penyiraman. Waktu penyiraman biasa dilakukan saat pagi dan sore hari. Kuantitas air yang disiram juga tidak presisi karena tanaman disiram berdasarkan perkiraan cukup atau tidak.

4.5 Analisis Sistem Usulan

Pada penelitian ini kemudian disimpulkan bahwa penyiraman yang berjalan saat ini tidak efektif dikarenakan penyiraman yang belum presisi dan masih mengandalkan manusia untuk melakukan penyiraman sehingga dapat terjadi potensi tanaman tidak disiram ketika sedang tidak bekerja dikebun atau faktor lupa. Sebagai salah satu solusi dari permasalahan tersebut diusulkan sebuah sistem penyiram tanaman menggunakan fuzzy logic berbasis raspberry pi 3.



Gambar 13. Sistem usulan

Gambar di atas menunjukkan penyiraman dilakukan berdasarkan tiga buah faktor penentu yaitu kelembapan tanah dari tanaman tersebut, suhu ruangan, dan curah hujan. Ketika perhitungan dari ketiga faktor itu menentukan untuk penyiraman dilakukan maka valve solenoid akan mengalirkan air ke jalur tanaman tersebut.

4.6 Analisis Kebutuhan Fungsional Sistem

Analisis kebutuhan Fungsional sistem dilakukan dengan menggambar Data flow diagram untuk memahami alur data dan flow chart untuk mengetahui keseluruhan fungsional sehingga peneliti mendapat gambaran mengenai sistem yang akan berjalan secara lebih terperinci, yang akan mempermudah dalam proses pembangunan sistem nantinya, berikut gambaran dari sistem yang akan dibentuk

4.8 Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak

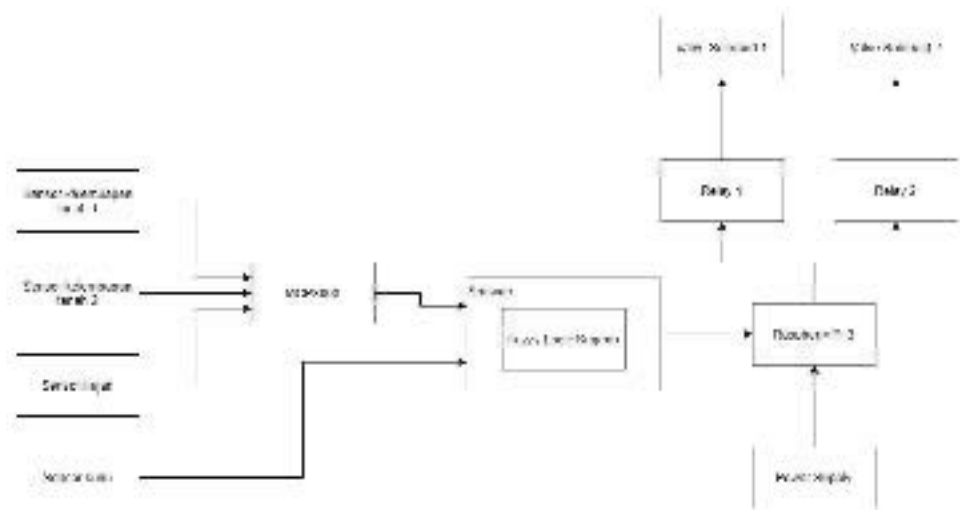
Selain perangkat keras yang sudah di sebutkan, dibutuhkan juga perangkat lunak untuk mendukung kinerja perangkat keras agar berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Berikut perangkat lunak yang dibutuhkan dalam pembuatan sistem penyiram tanaman otomatis menggunakan *fuzzy inference system* berbasis *raspberry pi* 3 :

Tabel 1. Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak

No.	Perangkat Lunak	Kegunaan
1.	Thonny Python IDE	Digunakan untuk menulis kode program yang ditulis kedalam Bahasa python
2.	Text Editor	Digunakan untuk melihat dan mengambil data dari file csv yang berisi log yang telah berjalan
3.	Fritzing	Digunakan dalam membuat skema komponen
4.	diagrams.net	Digunakan untuk membuat diagram

4.9 Analisis Pemodelan Cepat

Setelah menentukan perencanaan yang telah dilakukan dengan dasar analisis-analisis yang sudah dilakukan maka selanjutnya adalah membentuk sebuah model sebelum diimplementasi dan pemodelan yang akan dibuat dengan blok diagram seperti berikut :



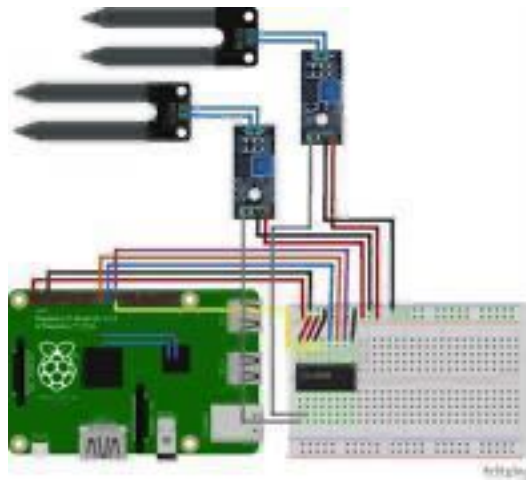
Gambar 17. Blok diagram sensor yang digunakan

Sistem ini memiliki input berupa tiga buah sensor kelembapan tanah, sensor hujan, dan sensor suhu. Sensor kelembapan tanah dan sensor hujan terhubung ke MCP3008 karena output dari sensor tersebut berupa sinyal analog sehingga harus dirubah terlebih dahulu ke digital agar dapat dibaca oleh raspberry pi. Sensor suhu mengeluarkan output berupa sinyal digital sehingga dapat

langsung dipasang ke raspberry pi. Hasil dari sensor tersebut kemudian diproses oleh fuzzy logic menggunakan inferensi sugeno. Perhitungan fuzzy dilakukan dua kali dalam satu buah cycle, ini karena masing-masing perhitungan fuzzy akan terhubung ke masing-masing relay. Untuk relay pertama, fuzzy-nya akan menggunakan input dari sensor kelembapan tanah satu, sensor suhu, dan sensor hujan sedangkan untuk relay kedua fuzzy-nya akan menggunakan input dari sensor kelembapan tanah dua, sensor suhu, dan sensor hujan. Ketika hasil fuzzy menentukan bahwa relay akan dibuka, maka valve yang terhubung ke relay tersebut juga akan terbuka dan tanaman akan tersiram. Power supply juga harus terhubung ke raspberry pi agar alat tersebut dapat tetap menyala. Sumber tenaga dari valve akan terhubung ke adaptor dua belas volt dua ampere yang akan diatur nyala matinya oleh relay.

4.10 Skematik Sistem dengan Sensor Kelembapan Tanah

Dalam skematik penelitian ini akan menjelaskan bagaimana Raspberry Pi terhubung dengan sensor kelembapan tanah.



Gambar 18. skematik sistem Raspberry Pi dengan sensor kelembapan tanah

Rangkaian ini menggunakan dua buah sensor kelembapan tanah yang mana kedua sensor ini terhubung ke MCP3008 untuk dirubah dari sinyal analog ke digital. Sensor kelembapan disebelah kiri merupakan sensor kelembapan tanah satu yang akan dipasang dijalur satu dan sensor kelembapan tanah disebelah kanan merupakan sensor kelembapan tanah dua yang dipasang dijalur dua.

4.15.2 Pengkodean Implementasi Fuzzy Logic dengan Metode Sugeno

Berikut merupakan tahapan-tahapan kode untuk mengimplementasikan dua buah Fuzzy logic menggunakan metode sugeno. Yang terdiri dari 4 tahapan yaitu:

1. Pembentukan himpunan fuzzy

Terdapat empat variabel masukkan pada penelitian ini, yaitu sensor kelembapan tanah satu, sensor kelembapan tanah dua, sensor suhu, dan sensor hujan. Fuzzy pertama menggunakan sensor kelembapan tanah satu, sensor suhu, dan sensor hujan sedangkan fuzzy kedua menggunakan sensor kelembapan tanah dua, sensor suhu, dan sensor hujan. Setiap variabel input selanjutnya dibagi menjadi dua atau tiga himpunan fuzzy. Himpunan kabur digunakan untuk mewakili kondisi dalam suatu variabel fuzzy. Dari setiap himpunan kabur yang terbentuk masing-masing mempunyai domain yang nilainya terdapat dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan kabur. Berikut tabel semesta pembicaraan himpunan fuzzy.

Tabel 0.2 Himpunan Fuzzy

Fungsi	Nama Variabel	Nama Himpunan Fuzzy	Semesta Pembicaraan	Domain
Input	Tanah satu	Kering	[0, 100]	[0, 67]
		Basah		[33, 100]
	Tanah dua	Kering	[0, 100]	[0, 67]
		Basah		[33, 100]
	Hujan	Tidak Hujan	[0, 100]	[0, 67]
		Hujan		[33, 100]
	Suhu	Dingin	$(-\infty, \infty)$	$(-\infty, 25]$
		Sedang		[20, 35]
		Panas		[30, ∞)
Output	Valve satu	Tutup	[0, 1]	[0, 0.5]
		Buka		(0.5, 1]
	Valve dua	Tutup	[0, 1]	[0, 0.5]
		Buka		(0.5, 1]

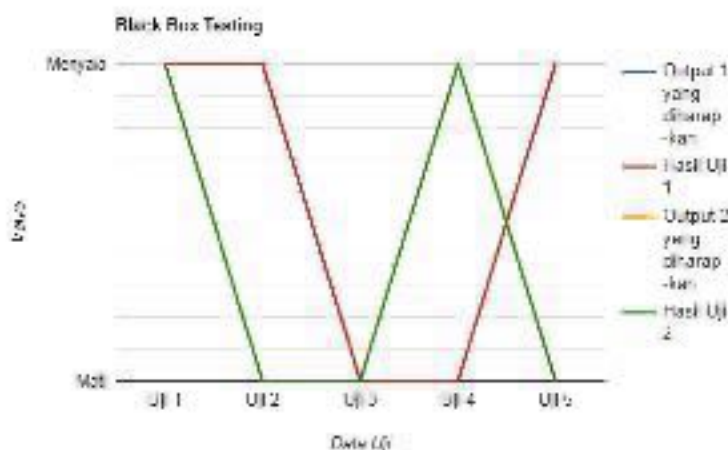
Setelah pembentukan himpunan fuzzy, maka dibuatlah fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan merupakan pemetaan titik input data dalam himpunan fuzzy ke dalam nilai atau derajat keanggotaannya yang memiliki interval dari 0 hingga 1. Pada penelitian ini fungsi keanggotaan didapatkan melalui pendekatan fungsi. Fungsi yang digunakan yaitu melalui representasi bentuk trapesium.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dapat disimpulkan bahwa sistem penyiram tanaman otomatis ini berhasil mengimplementasikan logika fuzzy untuk menentukan penyiraman tanaman. Sistem ini mampu menentukan penyiraman berdasarkan kondisi kelembapan tanah, suhu disekitar alat, dan kondisi cuaca apakah sedang hujan atau tidak. Dari ketiga jenis sensor tersebut kemudian dihitung untuk menentukan apakah valve akan menyala atau mati.

Hasil pengujian sistem berupa black box testing untuk memastikan bahwa input pada alat sudah sesuai dengan keluaran valve yang diinginkan. Berdasarkan hasil pengujian pada sistem penyiram tanaman otomatis, maka diperoleh hasil sebagai berikut :



Gambar di atas menampilkan grafik dari data hasil output valve solenoid. Terlihat pada hasil pengujian bahwasannya garis warna merah menutupi garis berwarna biru dan garis berwarna hijau menutupi garis berwarna kuning yang berarti bahwa output yang diharapkan dan hasil uji bernilai sama. Output yang diharapkan diperoleh dengan cara mencocokkan input dengan aturan fuzzy yang telah dibuat, sedangkan hasil uji didapatkan dari hasil pengujian sistem. Berdasarkan hasil pembahasan tersebut maka diketahui bahwa alat penyiram tanaman otomatis yang telah dibuat sudah berjalan dengan benar.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa sistem penyiram tanaman otomatis berhasil dibuat dengan mengimplementasikan algoritma fuzzy, metode Sugeno, dengan menggunakan dua buah sensor kelembapan tanah, sensor suhu, dan sensor hujan untuk mengatasi masalah penyiraman yang dapat dilakukan secara otomatis dengan menyalakan dan mematikan keran air ketika beberapa kondisi terpenuhi.

Berdasarkan hasil pengujian white box dan black box testing, yaitu pengujian output algoritma fuzzy sugeno dan pengujian output keluaran valve. Seluruh pengujian yang dilakukan berhasil tervalidasi secara baris kode dan telah sesuai dengan output dari valve. Berdasarkan hasil pengujian dapat dikatakan bahwa alat ini telah sesuai dengan yang dibutuhkan.

6.2 Saran

Setelah dilakukan pembuatan sistem penyiram tanaman otomatis menggunakan fuzzy inference system berbasis raspberry pi 3 ini, terdapat beberapa saran untuk pembaca dan pengembang selanjutnya. Berikut adalah saran dari penulis, yaitu:

1. Dalam pengembangan selanjutnya dapat ditambahkan koneksi internet agar hasil penyiraman dapat dipantau dari jarak jauh melalui website atau aplikasi dan saling berintegrasi dengan lokasi lokasi lainnya, sehingga dapat mewujudkan system yang andal untuk penyiraman di lingkungan Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
2. Selain penyiraman juga dapat digunakan untuk menyemprotan pupuk dan nutrisi lainnya untuk tanaman tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Coca, "The Other Country Crucial to Global Climate Goals: Indonesia," 2018. [Online]. Available: <https://thedi diplomat.com/2018/03/the-other-country-crucial-to-global-climate-goals-indonesia/>.
- [2] Y. Pusparisa and D. J. Bayu, "10 Negara Penyumbang Emisi Gas Rumah Kaca Terbesar," 2020.
- [3] Tim Knowledge center, "Dampak & Fenomena Perubahan Iklim." [Online]. Available: <http://ditjenppi.menlhk.go.id/kcpi/index.php/info-iklim/dampak-fenomena-perubahan-iklim>. [Accessed: 28-Jul-2021].
- [4] I. Gandasari, O. Hotimah, and M. Miyarsah, "Green Campus As a Concept in Creating Sustainable Campuses," *KnE Soc. Sci.*, vol. 2020, pp. 1–9, 2020.
- [5] Tempo co., "5 Perguruan Tinggi Jadi Percontohan Kampus Hijau," 2013. [Online]. Available: <https://nasional.tempo.co/read/465478/5-perguruan-tinggi-jadi-percontohan-kampus-hijau/full&view=ok>. [Accessed: 28-Jul-2021].
- [6] A. G. Hendra, "Green Start from Campus for Happier Earth," *DNK TV UIN Jakarta*, 2021. [Online]. Available: <https://dnktv.uinjkt.ac.id/index.php/tag/miladuinjakarta64th/>.
- [7] UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, "Pengelolaan Green Campus: Nilai dan Ajaran Islam vs Pengalaman Praktis," 2021.
- [8] J. H. Gultom, M. Harsono, T. D. Khameswara, and H. Santoso, "Smart IoT Water Sprinkle and Monitoring System for chili plant," *ICECOS 2017 - Proceeding 2017 Int. Conf. Electr. Eng. Comput. Sci. Sustain. Cult. Herit. Towar. Smart Environ. Better Futur.*, pp. 212–216, 2017.
- [9] R. Liao, S. Zhang, X. Zhang, M. Wang, H. Wu, and L. Zhangzhong, "Development of smart irrigation systems based on real-time soil moisture data in a greenhouse: Proof of concept," *Agric. Water Manag.*, p. 106632, Nov. 2020.
- [10] S. Jaiswal and M. S. Ballal, "Fuzzy inference based irrigation controller for agricultural demand side management," *Comput. Electron. Agric.*, vol. 175, p. 105537, 2020.
- [11] S. Kusumadewi and H. Purnomo, *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*, 2nd ed. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2010.
- [12] W. Jatmiko, P. W. Ciptadi, and H. Hardyanto, "Sistem Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis Mikrokontroler dan Panel Surya," *Seri Pros. Semin. Nas. Din. Inform.*, vol. Vol. 5, pp. 199–203, 2021.
- [13] M. Sabiran, "Implementasi Wireless Sensor Network Pada Sistem Pemantauan Dan Pengontrolan Budidaya Tanaman," *Coding J. Komput. dan Apl.*, vol. 6, no. 1, 2018.
- [14] S. Jain, P. Choudhari, and A. Shrivastava, *The fundamentals of Internet of Things: architectures, enabling technologies, and applications*. Elsevier Inc., 2021.