

RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI TEMPERATUR, KELEMBAPAN, DAN NUTRISI PADA HIDROPONIK *DUTCH BUCKET SYSTEM* BERBASIS *INTERNET OF THINGS*

Nandar

Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekanika
POLMAN Bandung
Jl. Kanayakan 21, Bandung
nandaramor@gmail.com

Fitria Suryatini, Suharyadi Pancono

Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekanika
POLMAN Bandung
Jl. Kanayakan 21, Bandung
fitriasuryatini@gmail.com

Abstrak— Hidroponik merupakan teknik budidaya tanaman dengan memanfaatkan air dan tidak menggunakan tanah sebagai media tanamnya. Salah satu metode yang banyak digunakan adalah *dutch bucket system* atau sistem tetes. *dutch bucket system* merupakan sistem hidroponik yang ditekankan pada sirkulasi dan efisiensi penggunaan air. Dalam penerapannya metode ini masih digunakan secara manual oleh petani hidroponik. Tugas akhir ini bertujuan untuk merancang sistem kendali *dutch bucket* pada sistem hidroponik berbasis *internet of things*. Variabel yang dikendalikan adalah kelembapan media tanam, temperatur air dan pemberian nutrisi. Sistem kendali *dutch bucket* menggunakan sistem kendali *fuzzy logic process* berdasarkan input sensor temperatur dan sensor kelembapan serta kendali on/off untuk pemberian nutrisi dan kendali temperatur air. Perangkat keras yang digunakan adalah raspberry pi 3 model B sebagai controller, sensor DHT11, sensor kelembapan tanah, sensor ds18b20 dan sensor *total dissolved solids* (tds). Keluaran *fuzzy logic* menentukan durasi penyalan pompa untuk mengairi tanaman. Nutrisi tercampur secara otomatis menggunakan pompa 12V dan sensor tds. Kendali temperatur air menggunakan peltier modul sebagai komponen pendingin dan ds18b20 sebagai sensornya. *Smartphone* digunakan untuk kendali jarak jauh dan memonitoring parameter yang dikendalikan melalui aplikasi *blynk*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem dapat menjaga kelembapan media tanam pada kelembapan rata-rata sebesar 77,8%. Rata-rata volume nutrisi A dan nutrisi B yang terpakai pada proses pencampuran nutrisi adalah sebanyak 10mL. Waktu yang diperlukan pendingin untuk menurunkan 1 derajat yaitu 47 menit. Selain itu, sistem dapat melakukan proses monitoring dan pengontrolan jarak jauh menggunakan aplikasi *blynk*.

Kata kunci : hidroponik, *dutch bucket system*, *fuzzy logic process*, temperatur, kelembapan, nutrisi, *iot*, *blynk*

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris yang sebagian besar penduduknya bermata pencaharian sebagai petani.

Namun pada zaman sekarang ini, lahan pertanian di Indonesia semakin sempit untuk pertanian karena dialih fungsikan untuk pembangunan yang bersifat industri [1]. Pada umumnya petani melakukan budidaya tanaman secara konvensional akan tetapi mendapatkan banyak halangan, diantaranya fenomena perubahan iklim global, produktivas lahan dan banyaknya kasus serangan hama dan penyakit tanaman yang menyebabkan terjadinya penurunan hasil panen [2]. Seiring perkembangan teknologi, dilakukan beberapa rekayasa pada bidang agrikultur terhadap tanaman untuk mendapatkan hasil yang optimal dengan waktu yang lebih cepat. Salah satunya adalah teknologi budidaya tanaman secara hidroponik [3].

Saat ini sistem kendali pada hidroponik sudah mulai dikembangkan dengan menggunakan berbagai sistem. Mulai dari sistem sederhana sampai menggunakan sistem yang lebih canggih [4]. Pada dasarnya penelitian tentang hidroponik sudah banyak dilakukan dengan metode yang berbeda-beda. Namun penerapan hidroponik *dutch bucket system* masih dilakukan secara manual. Kelebihan sistem ini yaitu penggunaan air yang efisien [5]. Pemakaian air yang efisien disegala bidang merupakan bagian dari perisapan untuk mengantisipasi ketidakseimbangan antara kebutuhan dan ketersediaan air dimasa datang [6]. Menjaga kebutuhan air tanaman selalu dalam kondisi optimum dengan cara menjaga nilai kelembapan media tanam. Selain itu, kendala yang dialami petani hidroponik di indonesia adalah kondisi lingkungan yang kurang mendukung seperti temperatur udara yang terlalu panas. Sehingga akan berpengaruh terhadap temperatur larutan nutrisi dan kadar Ph. Temperatur larutan nutrisi akan memengaruhi proses penyerapan ion nutrisi oleh akar tanaman. Pengontrolan nutrisi merupakan salah satu parameter penting sistem hidroponik. Tercukupinya air nutrisi mempercepat pertumbuhan pada tanaman.

Oleh karena itu, pada tugas akhir ini dibuat suatu sistem yang dapat mengontrol pemberian nutrisi dalam air, temperatur larutan nutrisi dan kelembapan media tanam. Sistem yang diterapkan adalah sistem *dutch bucket system* pada hidroponik berbasis *internet of things*. Selain itu, dengan sistem yang terkontrol dapat memudahkan pengguna dalam mengoperasikan sistem tersebut dan memantau aktivitas sistem sehingga meminimalisir kesalahan petani hidroponik (*human error*).

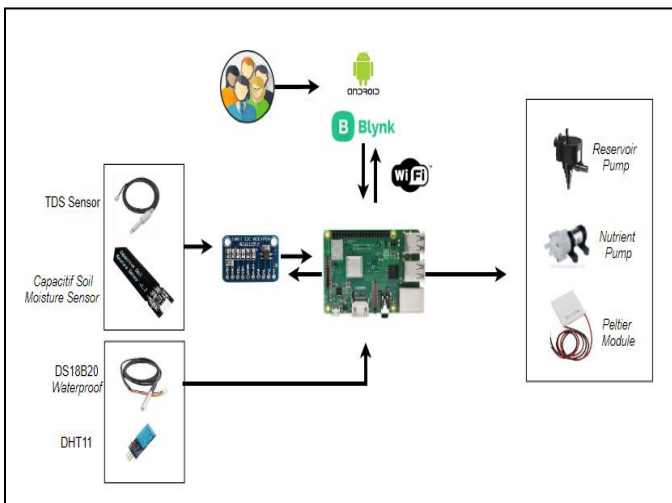
II. METODE DAN PERANCANGAN SISTEM

Pada aspek teknis, sistem dirancang dan dibangun dengan menggunakan metode kuantitatif. Data didapatkan berdasarkan hasil observasi. Data hasil observasi dibandingkan dengan alat ukur ataupun perhitungan secara teoritis untuk mendapatkan keakurasian alat. Penelitian dilakukan dengan batasan-batasan yang telah ditentukan.

Perancangan sistem menggunakan metode VDI 2206 yang merupakan pedoman dalam mendesain sistem mekatronika. Metode tersebut terbagi menjadi enam prosedur yaitu, Menjelaskan tugas dan fungsi dari sistem yang digunakan (*Requirements*). Menjelaskan konsep awal gambaran sistem secara umum (*System design*). Pemilihan berbagai komponen yang akan digunakan pada sistem (*Domain Specific design*). Khusus pada domain informatika untuk perancangan menggunakan metode *waterfall*. Melakukan integrasi berbagai komponen dari *domain-specific design (Modeling and model analysis and System Integration)*. Produk adalah hasil dari implementasi sistem yang telah terintegrasi (*Assurance of properties*) [15].

A. Perancangan Sistem Dutch Bucket

Gambar 1 berikut merupakan gambaran umum sistem *dutch bucket* yang dibuat. Pada sistem *dutch bucket* yang dibuat, untuk mengetahui temperatur, kelembapan dan kadar nutrisi tanaman dengan menggunakan konsep *internet of things*.



Gambar 1. Gambaran Umum Sistem

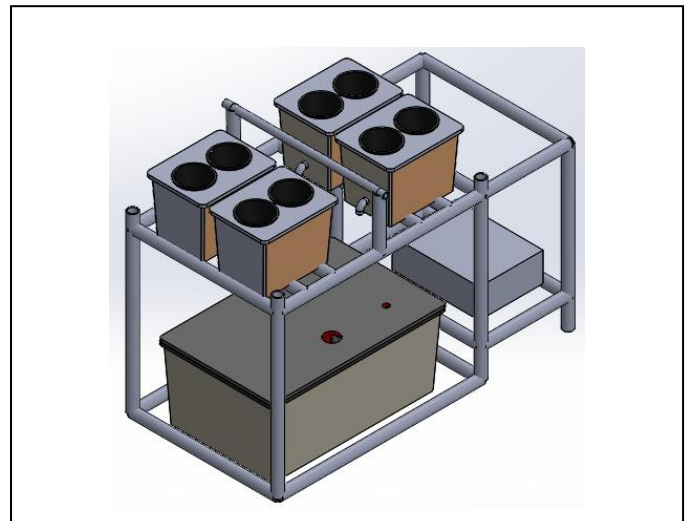
Secara umum, sistem memiliki empat bagian utama yaitu antarmuka, pengendali, penggerak serta *feedback*. Pada gambar 1 berikut menunjukkan hubungan keempat sistem sehingga membuat suatu sistem yang utuh.

Hidroponik *dutch bucket system* menggunakan *raspberry pi 3* sebagai controller utama sistem dimana *raspberry pi 3* mengirim dan menerima data dari pembacaan sensor serta menggunakan aplikasi *blynk* sebagai antarmuka sistem. Selain itu sistem akan mendeteksi temperatur air dalam *reservoir* nutrisi (tandon nutrisi) dengan menggunakan sensor *ds18b20* dan mengaktifkan *cooling pump* sebagai pendingin guna menurunkan temperatur dalam air. Terdapat sensor kelembapan media tanam atau *capacitif soil moisture sensor*

yang berfungsi membaca tingkat kelembapan median tanam dan sensor *DHT11* yang mendeteksi temperatur lingkungan. Serta kontrol pemberian nutrisi berdasarkan pembacaan sensor *total dissolved solid* menggunakan pompa diafragma sebagai aktuatornya. Sistem ini juga berbasis IoT (*internet of things*) menggunakan aplikasi *blynk* sebagai interface sistem. Interface berfungsi mengendalikan dan memantau temperatur, kelembapan tanah dan nutrisi tanaman dalam tandon nutrisi.

B. Perancangan Domain Mekanik

Perancangan domain mekanik yang digunakan pada sistem ini yaitu dengan memanfaatkan *dutch bucket system* yang kemudian dirancang dan dimodifikasi pada bagian kerangka sistem. Perangkat keras mekanik mencakup struktur rangka dan elemen mekanik berupa aktuator yang bergerak untuk memberi perlakuan berdasarkan input yang diberikan.

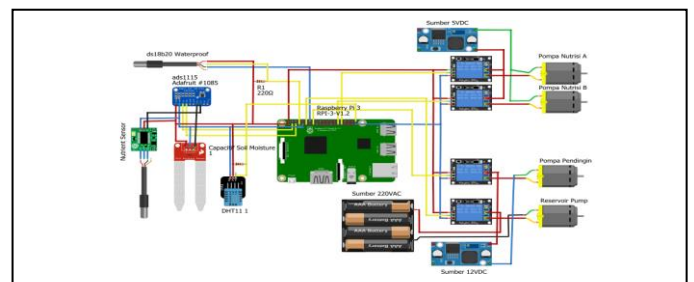


Gambar 2. Rancangan Mekanik sistem *dutch bucket*

Berdasarkan rancangan sistem mekanik pada gambar 2 tersebut, sistem *dutch bucket* menggunakan pipa pvc sebagai kerangka sistem. selain itu, box container berkapasitas 8 liter air dan 35 liter air serta perlengkapan hidroponik yang dibutuhkan.

C. Perancangan Domain Elektrik

Adapun perancangan domain elektrik yang didalamnya membahas perancangan rangkaian penggerak serta rangkaian sensor. Tentunya semua rangkaian ini perlu dirancang sedemikian rupa sehingga dapat berfungsi dengan sistem yang dibuat.

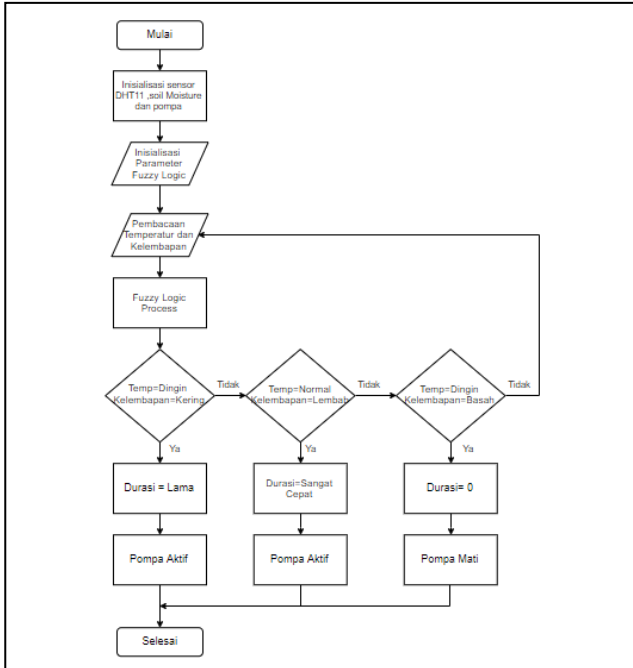


Gambar 3. Rancangan domain Elektrik sistem *dutch bucket*

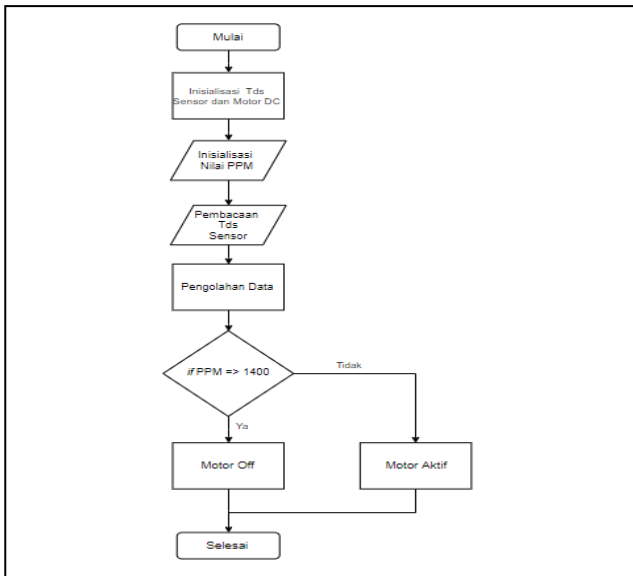
D. Perancangan Domain Informatik

Perancangan domain informatik terdiri atas empat tahap yaitu tahap inisiasi, desain, implementasi, integrasi dan testing

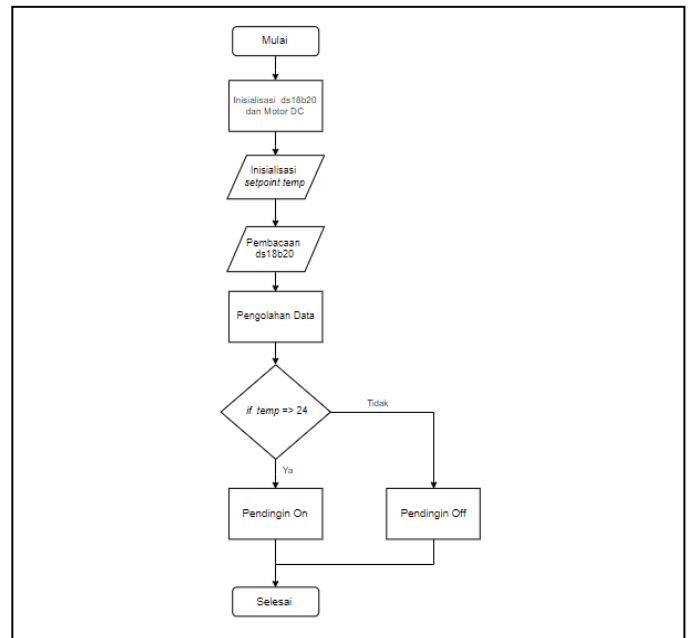
Tahap inisiasi pada sensor dan aktuator sebagai hasil dari analisis definisi dan persyaratan sistem. Pada sistem *dutch bucket* hidroponik terdapat user yang dapat mengontrol dan memonitoring sistem melalui android menggunakan aplikasi *blink* berbasis internet. Selain itu, pada sistem yang dibuat terdapat diagram alir pembuatan program utama yang di kontrol diantaranya, kelembapan media tanam , kontrol pemberian nutrisi dan temperatur air.



Gambar 6. Diagram alir program kendali kelembapan media tanam

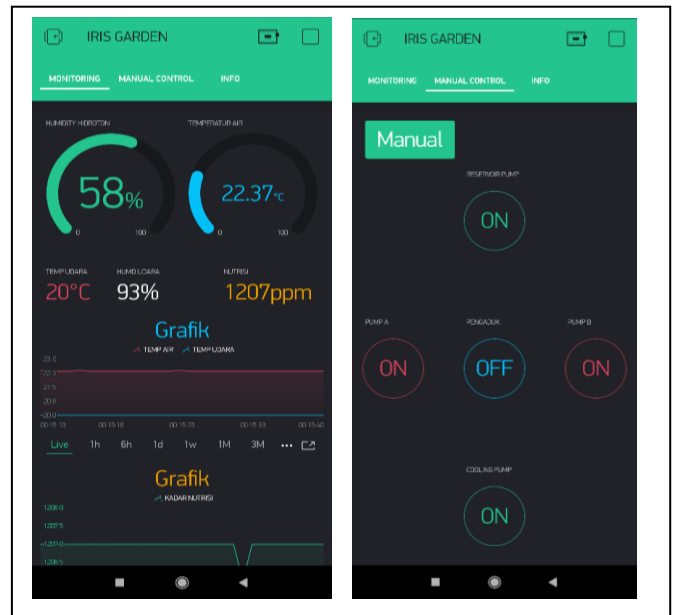


Gambar 6. Diagram alir program kendali pemberian nutrisi



Gambar 6. Diagram alir program kendali temperatur air

Tahap berikutnya adalah tahap desain pada antarmuka sistem. *blink* merupakan aplikasi untuk mempermudah dalam monitoring sistem. Desain tampilan sistem *dutch bucket* berbasis *internet of things* secara umum terdiri dari tiga buah desain yakni desain halaman pembacaan sensor, desain halaman kontrol manual , dan design info(nilai PPM tanaman dan tentang aplikasi). Perancangan desain halaman tersebut bertujuan untuk menyeragamkan dan memudahkan pembuatan antarmuka sistem sesuai dengan fungsi/keperluan masing-masing bagian.



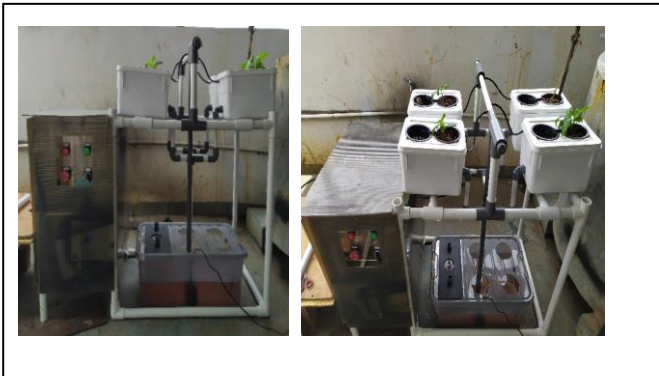
Gambar 6. Design antarmuka sistem.

Design antarmuka pada halaman monitoring akan menunjukkan semua pembacaan sensor dan grafik pembacaan sensor. Design antarmuka pada halaman kontrol manual akan menunjukkan tombol switch mode auto/manual dan juga terdapat tombol aktuator seperti pompa kelembapan tanah, aktuator pendingin, aktuator nutrisi a dan b serta tombol aktuator pendingin.

III. HASIL DAN DISKUSI

Hasil dan pembahasan berisi data yang disajikan dengan tabel-tabel dan/atau gambar-gambar serta analisis pembahasannya. Selain itu membahas pengujian dan pengambilan data dari sistem hidroponik *dutch bucket system*. Data yang telah diperoleh dari rancangan yang telah dibuat ini, kemudian didapatkan hasil analisis.

A. Hasil Aktualisasi Perancangan



Gambar 6. Hasil Aktualisasi Perancangan

B. Pengujian Sistem

TABEL 1. PENGUJIAN KENDALI TEMPERATUR AIR

| No | Temperatur (C) | Durasi (Menit) |
|----|----------------|----------------|
| 1 | 25,3 | 0 |
| 2 | 25,0 | 9 |
| 3 | 24,9 | 9 |
| 4 | 24,7 | 17 |
| 5 | 24,5 | 34 |
| 6 | 24,3 | 47 |
| 7 | 23,7 | 60 |
| 8 | 23,5 | 76 |
| 9 | 23,3 | 90 |
| 10 | 23,0 | 105 |

Pengujian kendali temperatur bertujuan untuk menguji bahwa sistem kendali temperatur yang kita buat dapat menurunkan temperatur air berdasarkan *setpoint* temperatur tanaman yang dibutuhkan dan pembacaan sensor ds18b20 *waterproof*. Untuk menurunkan temperatur dalam air dibutuhkan sistem berupa pendingin menggunakan *peltier module*. Pengujian dilakukan dengan menurunkan temperatur 25 derajat ke 23 derajat dengan volume air sekitar 20 liter.

Berdasarkan tabel 1, maka disimpulkan sistem kendali temperatur menggunakan komponen peltier dapat menurunkan temperatur dalam air. Sistem membutuhkan waktu sekitar 47 menit untuk menurunkan satu derajat celsius.

TABEL 2. PENGUJIAN SISTEM KENDALI NUTRISI

| No | Nilai Nutrisi awal(PPM) | setpoint Nutrisi (ppm) | Nutrisi setelah Pencampuran (PPM) | Selisih (PPM) | Error (%) | Akurasi(%) |
|------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------------------|---------------|--------------|--------------|
| 1 | 249 | 400 | 467 | 67 | 16,7 | 83,25 |
| 2 | 400 | 500 | 548 | 48 | 9,6 | 90,4 |
| 3 | 548 | 600 | 690 | 90 | 15,0 | 85,5 |
| 4 | 690 | 750 | 817 | 67 | 8,93 | 91,07 |
| 5 | 817 | 900 | 974 | 74 | 8,22 | 91,78 |
| Error rata-rata | | | | 69,2 | 11,70 | 88,30 |

Pengujian selanjutnya adalah pengujian sistem kendali nutrisi. Pada sistem ini menggunakan dua buah pompa untuk mengatur pemberian nutrisi AB mix berdasarkan pembacaan sensor TDS dan nilai *setpoint* yang ditentukan. Pengujian dilakukan dengan cara menguji respon kenaikan nutrisi setiap pencampuran dan mengamati nilai *error* kadar nutrisi antara *setpoint* dan nilai kadar nutrisi setelah pencampuran AB mix .

Berdasarkan tabel diatas, dimana pengujian dilakukan sebanyak lima kali percobaan. Dari hasil percobaan didapatkan hasil sebesar 69,2 untuk selisih pembacaan sensor nutrisi dan tds meter serta nilai error sebesar 11,70% . selain itu akurasi dari hasil pengendalian sebesar 88,30% .

TABEL 3. PENGUJIAN FUZZY LOGIC KONTROL

| No | Input | | Output | | Error (%) | Akurasi(%) |
|------------------------------------|-------|-------|-----------|-----------|------------|-------------|
| | Temp | Humid | Output | Teori | | |
| | | | Durasi(s) | Durasi(s) | | |
| 1 | 18 | 10 | 240 | 240 | 0 | 100 |
| 2 | 24 | 95 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 3 | 24 | 60 | 120 | 120 | 0 | 100 |
| 4 | 23 | 50 | 157 | 165 | 8 | 92 |
| 5 | 25 | 85 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 6 | 27 | 95 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 7 | 28 | 70 | 195 | 180 | 15 | 85 |
| 8 | 29 | 60 | 120 | 120 | 0 | 100 |
| 9 | 30 | 80 | 220 | 216 | 4 | 96 |
| 10 | 31 | 21 | 300 | 300 | 0 | 100 |
| Error rata-rata keseluruhan | | | | | 2,7 | 97,3 |

Pengujian ini bertujuan untuk menguji sistem kendali fuzzy, dengan membandingkan output fuzzy yang dihasilkan dan output *fuzzy logic* menggunakan software bantuan yaitu Matlab. perhitungan keliling pulley penggerak. Pulley penggerak memiliki diameter dalam 57.86 mm. Sehingga nilai hitung didapat dengan mengalikan jumlah putaran dan keliling pulley penggerak. Nilai hitung didapat dengan rumus sebagai berikut.

Hasil pengujian kendali fuzzy dengan berbagai nilai input temperatur dan kelembapan dihasilkan output durasi penyiraman terdapat pada tabel diatas. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kendali fuzzy dengan membandingkan hasil fuzzy simulasi Matlab dan hasil program fuzzy yang dibuat pada control menghasilkan rata-rata persentasi error sebesar 2,7 % untuk selisih output dari program fuzzy yang telah dibuat yang dibandingkan dengan output dari perhitungan. Sehingga akurasi sistem sebesar sebesar 97,3% .

TABEL 4. PENGUJIAN KENDALI KELEMBAPAN DENGAN FUZZY LOGIC

| No | Input Sensor | | Output | |
|------------------------------|--------------|------------|-----------------|----------------|
| | Temperatur | Kelembapan | Durasi (second) | Kelembapan (%) |
| 1 | 29 | 60 | 166 | 71 |
| 2 | 29 | 70 | 169 | 75 |
| 3 | 30 | 73 | 209 | 81 |
| 4 | 24 | 80 | 116 | 83 |
| 5 | 21 | 81 | 0 | 79 |
| Rata-rata keseluruhan | | | | 77,8 |

Selanjutnya pengujian fuzzy terhadap sistem yang telah dibuat. Pengujian ini bertujuan untuk menguji pengaruh sistem kendali fuzzy terhadap kelembapan media tanam. Pengujian dilakukan dengan cara menghitung durasi penyalaan pompa menggunakan stopwatch ketika proses fuzzy berjalan. Parameter yang di input berdasarkan pembacaan sensor DHT11 dan sensor kelembapan media tanam. Berdasarkan hasil pengujian maka disimpulkan rata-rata kelembapan media tanam menggunakan sistem kendali fuzzy sebesar 83,4%.

C. Pengujian Program Sistem

Pengujian program dilakukan dengan mengoperasikan program. Proses pengujian program terlihat pada tabel pengujian berikut.

TABEL 5. HASIL PENGUJIAN PROGRAM KENDALI KELEMBAPAN MEDIA TANAM

| No | Fungsi | Status |
|----|-------------------------------------|-----------------|
| 1 | Inisialisasi pin (Input & Output) | Berhasil |
| 2 | Inisialisasi parameter Fuzzy Logic | Berhasil |
| 3 | Pembacaan Temperatur dan Kelembapan | Berhasil |
| 4 | Fuzzy Logic Process | Berhasil |
| 5 | Temp=Dingin Kelembapan =Kering | Berhasil |
| 6 | Temp=Normal Kelembapan =Lembab | Berhasil |
| 7 | Temp=Dingin Kelembapan =Basah | Berhasil |
| 8 | Durasi = Lama | Berhasil |
| 9 | Durasi = Sangat Cepat | Berhasil |
| 10 | Durasi = 0 | Berhasil |

TABEL 6. HASIL PENGUJIAN PROGRAM PEMBERIAN NUTRISI




| No | Fungsi | Status |
|----|-----------------------------------|-----------------|
| 1 | Inisialisasi pin (Input & Output) | Berhasil |
| 2 | Inisialisasi Nilai PPM | Berhasil |
| 3 | Pembacaan TDS sensor | Berhasil |
| 4 | Pengolahan Data | Berhasil |
| 5 | If PPM => 1400 | Berhasil |
| 6 | Motor On | Berhasil |
| 7 | Motor Off | Berhasil |

TABEL 7. PENGUJIAN KENDALI TEMPERATUR AIR

| No | Fungsi | Status |
|----|-----------------------------------|----------|
| 1 | Inisialisasi pin (Input & Output) | Berhasil |
| 2 | Inisialisasi <i>setpoint</i> temp | Berhasil |
| 3 | Pembacaan TDS sensor | Berhasil |
| 4 | Pengolahan Data | Berhasil |
| 5 | If PPM => 24 | Berhasil |
| 6 | Motor On | Berhasil |
| 7 | Motor Off | Berhasil |

D. Hasil Tanaman menggunakan *ductch bucket system*

TABEL 8. HASIL PENGUJIAN SISTEM TERHADAP TANAMAN

| No | Hari ke- | Gambar Tanaman | Informasi |
|----|----------|---|--|
| 1 | 1 |  | Gambar pertama merupakan tanaman cabai yang baru dipindahkan dari proses pembibitan |
| 2 | 16 |  | Gambar kedua merupakan pertumbuhan tanaman cabai setelah beberapa hari penanaman pada sistem yang telah dibuat |
| 3 | 32 |  | Pada gambar ketiga merupakan beberapa tanaman cabai yang sudah ditanam pada sistem yang telah dibuat |

| | | | |
|---|----|---|--|
| 4 | 57 |  | Pada gambar ketiga, pertumbuhan bunga pada tanaman cabai mulai terlihat. |
|---|----|---|--|

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian yang dilakukan terhadap sistem kendali pada sistem hidroponik yang dibangun dan selama proses penyusunan karya tulis ini, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Sistem mekanik pada sistem hidroponik *dutch bucket system* yang telah dibuat menggunakan pompa resun sp2500 dengan daya 18Watt sebagai aktuator sirkulasi air , pipa PVC 1”inch sebagai kerangka sistem dan container box serta net pot, berfungsi sebagai tempat media tanaman.
2. Sistem hidroponik yang telah dibuat dapat menurunkan temperatur dalam air menggunakan sistem pendingin selama 47 menit per derajat dan sistem dapat melakukan pemberian nutrisi secara otomatis ketika nilai kepekatan nutrisi kurang dari 1400 ppm.
3. Sistem kendali hidroponik ini dapat mengatur durasi penyiraman tanaman berdasarkan kelembapan media tanam dan temperatur udara dengan menerapkan metode *Fuzzy Logic Control*, Dimana keluaran durasi penyalaan yang dihasilkan mempunyai rata-rata akurasi sebesar 97,3 %.
4. Data temperatur, kelembapan dan nutrisi dapat dimonitoring jarak jauh menggunakan *smartphone* dengan aplikasi *Blynk*.

Demi perbaikan kekurangan yang ada pada pembuatan Tugas akhir ini agar menjadi suatu alat yang lebih baik dan bermanfaat, penulis memberikan saran-saran kepada pembaca yang akan melakukan penelitian dengan tema yang serupa, yaitu :

1. Pengaplikasian hidroponik *dutch bucket sistem* selajutnya diharapkan dapat mengontrol temperatur udara sehingga pertumbuhan tanaman lebih optimal.
2. Menambahkan sistem kendali ketinggian air dalam tandon nutrisi agar air dalam tandon tetap terjaga sehingga sirkulasi air nutrisi tetap terjaga.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan untuk kedua orang tua, kedua dosen pembimbing, POLMAN Bandung sebagai tempat penulis melakukan kegiatan penelitian serta menimba ilmu, dan pihak-pihak lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Daftar Pustaka

- [1] N. Rochmawati and E. R. Saputra, "Perancangan Sistem Informasi Inventaris Untuk Peminjaman Dan Pengembalian Barang Di Laboratorium Jurusan Teknik Informatika Ft Unesa," *Surabaya Univ. Negeri Surabaya*, vol. 2, no. 1, pp. A246–A255, 2016.
- [2] D. H. Trenggono, "Perancangan Sistem Peminjaman Berbasis Web Sebagai Media Layanan di Studio Multimedia SMK 2 Sewon," Universitas Negeri Yogyakarta, 2014.
- [3] D. Yusuf, "Sistem Peminjaman Barang Di Perusahaan Menggunakan Teknologi Rfid," vol. 6, 2017.
- [4] M. M. Abdelhameed, "Mechatronics (2) 4 th Year-Mechatronics Major VDI 2206," no. 2, 2014.
- [5] J. P. VAN DEN BERG and A. J. R. M. (NOUD) GADEMANN, "Simulation study for an Automated Storage and Retrieval System," *Int. J. Prod. Res.*, vol. 38, no. 6, pp. 1339–1356, 2000.
- [6] D. Metahri and K. Hachemi, "Automated storage and retrieval systems: A performances comparison between Free-fall-flow-rack and classic flow-rack," *2017 6th Int. Conf. Syst. Control. ICSC 2017*, no. May, pp. 589–594, 2017.
- [7] K. J. Roodbergen and I. F. A. Vis, "A survey of literature on automated storage," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 194, no. 2, pp. 343–362, 2009.
- [8] S. Stone, "Saving Space: Shelves vs. Modular Drawers vs. Flow Racking vs. Vertical Carousels What methods provide the most efficient storage?," 2009. [Online]. Available: <https://www.cisco-eagle.com/blog/2009/06/03/saving-space-shelves-vs-modular-drawers-vs-vertical-carousels-vs-flow-racks/>. [Accessed: 08-Jul-2019].
- [9] A. N. Silber, "Rotating Shelving System," College of Engineering and Applied Science University of Cincinnati, 2016.
- [10] T. Connolly and C. Begg, *Database Systems - A Practical Approach to Design Implementatio and Management 6th Global Edition*. 2015.
- [11] M. O. Fitri, "Trend Penggunaan NoSQL Untuk Basis Data Non-Relasional," *J. Teknosains*, vol. 7 Nomor 1, pp. 120–127, 2013.