

Perancangan dan Implementasi Sistem Pemantauan dan Kontrol Tanaman berbasis NRF24L01

Muhammad Agni Setyo Prawiro¹, Agung Setia Budi²

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya
Email: ¹agnisetyo@student.ub.ac.id, ²agungsetiabudi@ub.ac.id

Abstrak

Wireless Sensor Network (WSN) merupakan suatu konsep teknologi yang menggunakan sejumlah node yang memiliki kemampuan pemrosesan untuk mencapai atau menyelesaikan tugas tertentu. Secara umum, arsitektur *wireless sensor network* membutuhkan sebuah sistem tanam atau sensor tertanam yang mampu terhubung dengan jaringan dan berkomunikasi melalui cloud server. Salah satu perangkat yang umum digunakan dalam arsitektur WSN adalah modul NRF24L01 yang merupakan modul komunikasi berbasis frekuensi pita gelombang radio dengan frekuensi tunggal. Penggunaan frekuensi tunggal untuk pengiriman dan penerimaan suatu data memungkinkan terjadinya bertabrakannya sinyal pengiriman dengan sinyal penerimaan yang menimbulkan paket data dapat hilang atau rusak. Hal ini dapat dihindari dengan menggunakan metode penjadwalan pengiriman dan penerimaan data. Salah satu metode penjadwalan yang dapat digunakan adalah metode *Time Division Duplex (TDD)*. Konsep dari TDD adalah memberi slot waktu pada satu waktu proses, dimana proses pengiriman dan penerimaan data terjadi dalam satu frekuensi yang sama dengan waktu proses masing-masing. Proses ini memiliki *time guard* yang berada di antara waktu pengiriman data dan penerimaan data yang berfungsi untuk mencegah terjadinya benturan antara sinyal pengiriman dan penerimaan. Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya berhasil mengimplementasikan metode TDD pada sistem pengiriman dan penerimaan data menggunakan *Bluetooth low energy* dan Wi-Fi pada sistem monitoring tanaman. Pengujian penelitian ini dilakukan dengan scenario pengujian pengiriman data berdasarkan variasi jarak dengan dua parameter yaitu *success ratio* dan *delay* rata-rata pengiriman data. Variasi jarak yang digunakan dalam penelitian adalah 1 meter hingga 10 meter. Parameter *success ratio* menghasilkan nilai rasio keberhasilan terendah 71% pada jarak 7 meter dan rasio tertinggi 91% pada jarak 5 meter. Kemudian pada parameter *delay* rata-rata diperoleh hasil delay selama 0.871 detik pada sensor node 1, 0.638 detik pada sensor node 2, dan 0.644 detik pada sensor node 3.

Kata kunci: Wireless sensor network, Time Division Duplex, NRF24L01

Abstract

Wireless Sensor Network (WSN) is a technology concept that uses a number of nodes that have processing capabilities to achieve or complete certain tasks. In general, wireless sensor network architecture requires an embedded system or embedded sensor that is able to connect to the network and communicate through the cloud server. One of the devices commonly used in the WSN architecture is the NRF24L01 module which is a communication module based on a single frequency radio wave band. The use of a single frequency for sending and receiving data allows the transmission signal to collide with the receiving signal which causes data packets to be lost or damaged. This can be avoided by using the method of scheduling sending and receiving data. One of the scheduling methods that can be used is the *Time Division Duplex (TDD)* method. The concept of TDD is to give a time slot at one processing time, where the process of sending and receiving data occurs in the same frequency as each processing time. This process has a time guard that is between the time of sending data and receiving data which functions to prevent collisions between sending and receiving signals. Previous research has succeeded in implementing the TDD method on the system of sending and receiving data using *Bluetooth low energy* and Wi-Fi in the plant monitoring system. The test of this research is done by testing scenario of sending data based on distance variation with two parameters, namely success ratio and average delay in sending data. The distance variation used in the study is 1 meter to 10 meters. The success ratio parameter produces the lowest success ratio value of 71% at a distance of 7 meters and

the highest ratio of 91% at a distance of 5 meters. Then on the average delay parameter, the delay results are 0.871 seconds on sensor node 1, 0.638 seconds on sensor node 2, and 0.644 seconds on sensor node 3.

Keywords: *Wireless sensor network, Time Division Duplex, NRF24L01.*

1. PENDAHULUAN

Dalam bidang pertanian, keberadaan suhu dan kelembaban sangatlah berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Tanaman sendiri memiliki sifat dan karakteristik yang berbeda dalam jenisnya, sehingga beberapa kelompok tanaman memerlukan praktik dan perawatan yang berbeda. Salah satu dari beberapa kelompok tanaman yang memerlukan praktik dan perawatan yang berbeda adalah kelompok tanaman hias. Penelitian Zulkarnain (2009) berpendapat bahwa tumbuhan hias merupakan seluruh tumbuhan yang dibudidayakan dengan tujuan guna dinikmati keindahannya baik secara visual atau fungsional.

Permasalahan yang seringkali dihadapi para pembudidaya tanaman hias adalah beberapa jenis tanaman memiliki kecepatan pertumbuhan yang lambat atau terlalu cepat sehingga perlu perawatan yang teliti. Selain itu, beberapa faktor seperti kelembaban tanah, suhu lingkungan tanaman, intensitas cahaya, dan metode pemupukan dan pencegahan pestisida juga dapat memengaruhi pertumbuhan optimal tanaman hias. Agar mencapai pertumbuhan tanaman menjadi optimal, maka kondisi tanaman, suhu lingkungan, dan kelembaban tanah menjadi elemen penting yang harus dipantau dan termonitoring dengan baik.

Salah satu cara agar pembudidaya tanaman hias dapat memantau perkembangan tanamannya adalah dengan memanfaatkan teknologi *Intenet of Things* (IoT). *Internet of Things* (IoT) merupakan suatu konsep teknologi yang dapat menghubungkan mesin dan perangkat dalam satu jaringan internet yang bersifat global dan mampu berkomunikasi dengan satu sama lain (Lee, et al., 2015).

Penelitian ini bertujuan untuk mempermudah pembudidaya atau pengguna dalam memantau dan mengontrol kondisi tanaman kapanpun dan dimanapun melalui sambungan internet. Untuk mendukung hal tersebut, teknologi *Wireless Sensor Network* (WSN) dapat digunakan untuk mengakusisi data dari sensor yang dibutuhkan dengan memanfaatkan sistem *embedded* dan

seperangkat node sensor untuk melakukan pemantauan atau pengiriman data secara nirkabel (Shobrina, et al., 2017).

Infrastruktur yang digunakan dalam penelitian ini meliputi penggunaan *Intenet of Things* dan *Wireless Sensor Network* yang dibagi menjadi dua bagian utama yaitu *node sensor* dan *Gateway*. Bagian dari *node sensor* terdiri dari perangkat ESP8266, perangkat modul NRF24L01, sensor DHT11, perangkat *Soil Moisture Sensor*, dan pompa air. Sedangkan pada bagian *Gateway* terdiri atas perangkat ESP8266 dan perangkat modul NRF24L01.

Dalam pembangunan sistem yang diajukan ini terdapat permasalahan pada implementasi wireless sensor network dimana dalam pemanfaatan satu frekuensi yang sama pada saat melaksanakan proses pengiriman serta penerimaan informasi dari sensor akan terjadi kemungkinan tabrakan antar data yang masuk dan keluar. Untuk mencegah terjadinya hal tersebut, dibutuhkan suatu metode yang dapat membagi waktu agar device dapat menerima dan mengirimkan data secara berurutan serta mencegah terjadinya *packet loss*. Metode penjadwalan *Time Division Duplex* dapat digunakan dalam mencegah terjadinya tabrakan data. *Time Division Duplexing* merupakan suatu metode pengiriman data dengan teknik membagi waktu antar pengiriman data dengan waktu penerimaan data dalam satu frekuensi yang sama. Metode ini memiliki jeda waktu antara pengiriman data dan penerimaan data agar tidak terjadi benturan sinyal pengiriman dan penerimaan. Hal ini memungkinkan komunikasi berlangsung dua arah dalam frekuensi yang sama (Grami, 2016).

Berdasarkan uraian permasalahan yang telah dituliskan, peneliti memutuskan untuk membuat penelitian dengan judul “Perancangan Dan Implementasi Sistem Pemantauan Dan Kontrol Tanaman Berbasis NRF24L01”. Rencana penelitian ini adalah untuk membangun sistem pemantauan tanaman menggunakan modul NRF24L01 yang mampu melakukan penjadwalan dan pengiriman data menggunakan metode TDD. Metode *Time Division Duplex* diharapkan dapat mengurangi kemungkinan terjadinya benturan sinyal pengiriman dan

penerimaan data pada frekuensi tunggal yang dapat mengakibatkan paket hilang atau rusak. Penelitian ini akan memanfaatkan aplikasi Blynk sebagai antarmuka sistem, modul NRF24L01 yang bertindak sebagai media komunikasi antara *gateway* dan *node sensor*. Peranti *gateway* akan menggunakan modul wifi ESP8266 sebagai penerima dan pengirim data menuju *cloud server*. Pada sensor node akan ditautkan sebuah sensor suhu dan kelembapan udara DHT11, sebuah sensor soil moisture, dan pompa air yang bertindak sebagai aktuator.

2. LANDASAN KEPUSTAKAAN

Penelitian oleh Shobrina et al. (2018), berhasil menganalisis dan menguji kinerja pengiriman dan penerimaan data pada modul *transceiver* NRF24L01, Xbee, dan Wi-Fi ESP8266. Dalam percobaannya, sistem melakukan sinkronisasi waktu pada node sensor lalu sensor akan melakukan *sensing*. Hasil *sensing* tersebut kemudian dirposes oleh mikrokontroler dan dikirimkan pada node *gateway* pada detik ke 0, 15, 30, dan 45. Pada sisi node *gateway* akan melakukan sinkronisasi waktu dan ketika waktu menunjukkan detik ke 0, 15, 30, dan 45 maka node *gateway* akan menerima data dari node sensor. Dalam pengujian penelitian, sistem diuji dengan skenario tanpa dan dengan penghalang dan *Transmitter* ditempatkan berjarak dari *receiver* masing-masing sejauh 0 meter, 8 meter, 16 meter, dan 24 meter. Hasil dari pengujian ini adalah sistem dengan modul NRF24L01 lebih unggul dibandingkan dengan modul Xbee dan esp8266.

Penelitian Hermawan et al. (2020), berhasil melakukan implementasi metode TDD pada Bluetooth Low Energy dan Wi-Fi pada sistem pengiriman dan penerimaan data. Pengujian yang dilakukan adalah menghitung *success ratio* pengiriman dari *sensor node* menuju *gateway* dan menuju *cloud server* dengan variasi jarak tertentu. Dalam pengujiannya, dapat disimpulkan bahwa semakin jauh jarak maka semakin rendah *success ratio* pengiriman data. Selain itu, peneliti juga menguji parameter *discovery time* pada sistem dengan skenario jarak yang bervariasi. Pengujian parameter *discovery time* menunjukkan bahwa semakin jauh jarak *sensor node* dengan *gateway* maka dibutuhkan waktu *discovery time* yang lebih lama.

Penelitian oleh Timur et al. (2017), berhasil

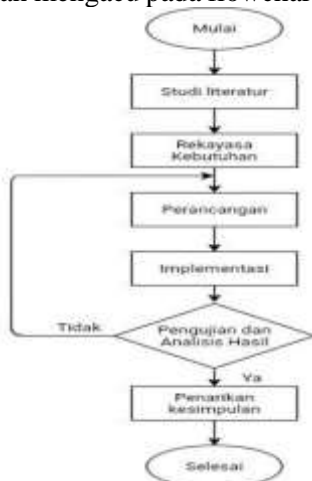
mengimplementasikan metode *Timing – Sync* untuk sensor Networks pada jaringan Sensor Multihop. Penelitian ini menggunakan metode TPSN dan TDMA dalam jaringan sensor Multihop dengan menggunakan modul komunikasi NRF24L01. Pengujian ini berhasil melakukan pengiriman data pada *time slot* yang telah dijadwalkan. Penelitian ini berhasil melakukan sinkronisasi untuk mencegah atau memperkecil kemungkinan terjadinya interferensi dalam pengiriman data pada saat sinkronisasi dengan node lain. Waktu rata-rata sinkronisasi yang dibutuhkan pada node pada proses sinkronisasi adalah 23 detik pada node level 1 dan 43 detik pada node level 2.

Penelitian Wan et al. (2019), berhasil merancang sebuah sistem *Greenhouse* dengan menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai *Central Unit* dari sistem monitoring *greenhouse*. Dalam percobaan yang dilakukan, NodeMCU ESP8266 berperan sebagai *central unit* yang mengatur sistem sensor untuk monitoring lingkungan dan sistem *remote control* yang dapat mengatur beberapa aktuator dengan menggunakan platform Blynk. Kedua peran tersebut kemudian dikombinasikan dan terhubung dengan menggunakan Wi-Fi baik untuk mengirim data menuju *Thingspeak* dan menerima masukan output yang diinginkan melalui *Blynk*. Hasil dari penelitian ini adalah NodeMCU ESP8266 mampu melakukan koneksi dengan *IoT platform* dan menghubungkan pengguna dengan aktuator pada sistem menggunakan platform IoT tersebut.

Penelitian Darve et al. (2021), mengimplementasikan sebuah Arduino Uno untuk sebuah sistem irigasi yang terhubung dengan aplikasi *Thingspeak*. Sistem yang dirancang menggunakan ESP8266 sebagai modul Wi-Fi untuk menghubungkan Arduino Nano dengan aplikasi cloud pada *Thingspeak*. Dalam penelitian ini, data dari sensor diakusisi oleh Arduino Uno, lalu kemudian data tersebut dikirimkan menuju *Thingspeak* melalui modul ESP8266 dan jika data tersebut diterima maka modul GSM akan mengirimkan pesan pada pengguna bila tanaman yang dipantau mengalami masalah atau tidak. Hasil percobaan dari penelitian ini adalah modul GSM berhasil mengirimkan pesan pada pengguna ketika nilai kelembapan dibawah rata-rata yang ditentukan serta aktuator pompa motor DC dapat menyala ketika sistem mendeteksi nilai kelembapan pada tanah dibawah rata-rata yang telah ditentukan.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini mengimplementasikan tipe penelitian implementatif dengan cara observasi dan analisis program pada prototype sistem sederhana. Prosedur penelitian akan dilaksanakan mengacu pada flowchart Gambar 2



Gambar 1 Diagram Prosedur Penelitian

Pada Gambar 2 dijelaskan prosedur penelitian ini terdiri atas studi literatur, rekayasa kebutuhan, perancangan, implementasi, pengujian dan analisis hasil, serta penarikan kesimpulan

3.1 Rekayasa Kebutuhan

Rekayasa Kebutuhan merupakan tahapan untuk menentukan kebutuhan dari sistem agar mencapai fungsional yang telah ditujukan. Rekayasa kebutuhan terbagi atas dua yaitu kebutuhan non-fungsional dan kebutuhan fungsional.

Kebutuhan non-fungsional terdiri atas dua bagian komponen. Yang pertama adalah komponen peranti keras meliputi modul ESP8266 sebagai mikrokontroler utama yang mengatur masing-masing *node* dan *gateway*, lalu modul NRF24L01 yang berperan sebagai media komunikasi antara *node* dengan *gateway*, kemudian laptop sebagai tempat pemrograman dan pengaturan seluruh perangkat keras yang digunakan. Adapun komponen peranti lunak yang digunakan penelitian ini adalah Arduino IDE yang berfungsi sebagai pemrogram perangkat ESP8266 serta layanan Blynk sebagai sarana *cloud service* dan antarmuka pengguna dengan sistem.

Kebutuhan fungsional pada sistem bertujuan agar sistem yang akan dibuat memenuhi aspek fungsi untuk memecahkan permasalahan yang telah didefinisikan. Hal yang diutamakan untuk dipenuhi fungsionalnya pada sistem adalah sebagai berikut:

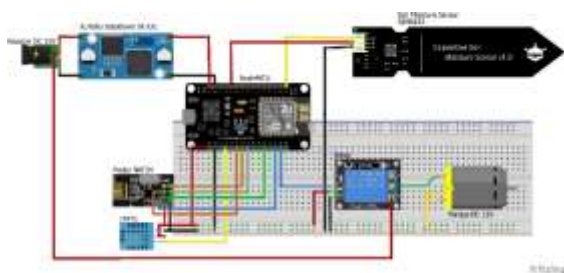
1. *Node sensor* dapat mengakuisisi nilai sensor suhu, kelembaban udara, dan kelembaban tanah.
2. *Node sensor* dapat mengirimkan data ke *gateway* dan juga sebaliknya.
3. *Gateway* dapat memperoleh data sensor melalui modul NRF24L01 berdasarkan alokasi *time slot* yang ditentukan pada *gateway*
4. *Gateway* dapat mengirim hasil akuisisi sensor menuju *Blynk Cloud Service* menggunakan Wi-Fi berdasarkan slot waktu yang telah ditentukan pada *gateway*.
5. Pompa Air yang bertindak sebagai aktuator mampu menjalankan perintah penyiraman air dari *gateway*.

3.2 Perancangan Sistem

Perancangan sistem dimulai dengan sensor kelembaban tanah YL-69 dihubungkan pada ESP8266 (*Sensor node*) menggunakan kabel. Setelahnya sensor mengakuisisi data sesuai prosedur dan mengirimkan data akuisisi ke *sensor node*, selanjutnya *node sensor* mengirimkan data sensor ke mikrokontroler ESP8266 (*Gateway*) menggunakan komunikasi NRF24L01 dengan slot waktu yang telah diatur pengirimannya, lalu *Gateway* akan berkomunikasi dengan *cloud server Blynk* menggunakan akses Wi-Fi dan data dari seluruh sensor dikirimkan ke aplikasi Blynk yang terdapat pada *smartphone*. Setelah berhasil mengirimkan data sensor tersebut, *Gateway* akan memeriksa suhu dan kelembaban pada tanaman. Jika suhu atau kelembaban kurang dari parameter yang ditentukan, *Gateway* akan mengirim perintah pada *node sensor* untuk mengaktifkan aktuator pompa air dan melakukan aktuasi penyiraman tanaman. Rancangan secara umum disajikan pada Gambar 3.



Gambar 2 Rancangan Sistem Secara Umum



Gambar 3 Rangkaian Skematik Node

Gambar 4 merupakan hasil dari perancangan skematik untuk node sensor. Pada sensor suhu YL39 terdapat 3 pin yaitu pin A0 terhubung dengan pin A0 pada NodeMCU, pin VCC (ditandai +) yang terhubung dengan pin 3V3, dan pin GND yang terhubung dengan pin GND.

Selanjutnya terdapat modul NRF24L01 yang memiliki beberapa pin yang terhubung yaitu pin MISO terhubung dengan pin D6 pada NodeMCU, pin MOSI yang terhubung dengan pin D7, pin SCK yang terhubung dengan pin D5, pin CS yang terhubung dengan pin D2, pin CE yang terhubung dengan pin D4, pin VCC yang terhubung dengan pin 3V3, dan pin GND yang terhubung dengan pin GND pada NodeMCU. Selain itu, pada sensor DHT11 memiliki pin GND yang terhubung dengan pin GND pada NodeMCU, pin VCC yang terhubung dengan pin 3V3 pada NodeMCU, serta pin Data yang terhubung dengan pin RX pada NodeMCU.

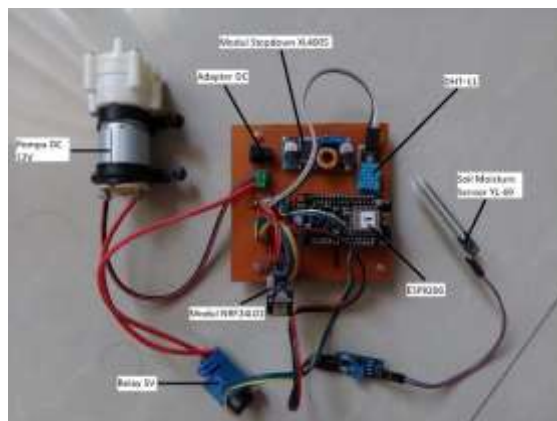
Adapun penggunaan relay sebagai aktuasi pembantu pompa memiliki pin yang terhubung dengan perangkat NodeMCU yaitu pin Signal input yang terhubung dengan pin D1 pada NodeMCU, pin Power yang terhubung dengan pin 3V3, dan pin Ground yang terhubung dengan pin GND pada NodeMCU. Pompa DC yang digunakan dalam penelitian ini terhubung dengan pin Common (ditandai C) pada relay, pin

Normally Open (ditandai NO) terhubung dengan pin VCC pada adaptor, dan Ground pada NodeMCU.

Pada penelitian ini, sistem menggunakan sumber daya tambahan berupa adaptor DC 12V, adaptor ini terhubung dengan modul stepdown XL4005 DC-DC dengan pin VCC yang terhubung dengan pin IN+ pada modul XL4005 dan pin GND terhubung dengan pin IN- pada modul XL4005. Sedangkan pin output pada modul XL4005 meliputi pin Out+ yang terhubung dengan pin Vin pada NodeMCU dan pin Out- yang terhubung dengan pin GND pada NodeMCU.

3.3 Implementasi Sistem

Implementasi skematik kepada sistem *node sensor* ditunjukkan dalam Gambar 5. Perancangan ini mampu menghubungkan sensor DHT-11 dan *sensor soil moisture* YL-69 dengan aktuator relay 5V dan pompa air 12V berdasarkan rancangan skematik yang sudah dipaparkan sebelumnya



Gambar 4 Hasil Implementasi Node Sensor

4. PENGUJIAN

Bagian Pengujian bertujuan untuk menentukan kemampuan dan kinerja seluruh sistem yang telah dirancang jika telah mencapai fungsionalnya berdasarkan uraian yang sudah ditetapkan. Bagian pengujian terbagi menjadi dua yaitu pengujian fungsional dan pengujian kinerja sistem.

Pengujian fungsional sistem dilakukan untuk mengetes kesesuaian sistem dengan perancangan yang telah dibuat dan telah memenuhi kebutuhan dan spesifikasi yang dideskripsikan. Pada penelitian ini terdapat lima pengujian fungsional yang dilakukan yang meliputi aspek fungsional pada *sensor node*, *gateway*, dan *Blynk Cloud Service*.

Pengujian Fungsional PF-01 membahas

mengenai hasil pengujian sensor DHT-11 dalam mengukur suhu dan kelembaban udara lingkungan uji. Hasil pengujian adalah sensor dapat mendeteksi nilai temperatur suhu yaitu 31 °C dan nilai kelembaban udara yaitu berkisar antara 37% hingga 57%.

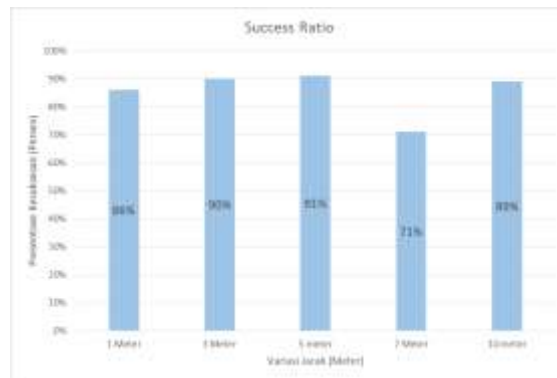
Pengujian Fungsional PF-02 membahas mengenai hasil pengujian pembacaan sensor YL-69 dalam mengukur kelembaban dalam tanah. Hasil pengujian ini adalah sensor YL-69 mampu membaca nilai kelembaban tanah dalam kondisi tanah lembab maupun kering berdasarkan parameter kelembaban yang telah peneliti tetapkan.

Pengujian Fungsional PF-03 membahas mengenai pengujian pengiriman data dari *node sensor* menuju *gateway* menggunakan koneksi Wi-Fi. Selain itu pengujian ini juga mengetes kemampuan sistem untuk menerima *input* perintah pengguna melalui tombol pada aplikasi Blynk. Hasil dari pengujian ini adalah *node sensor* berhasil mengakusisi dan mengirimkan data menuju *gateway*. Pengujian ini juga membuktikan bahwa *input* pengguna mampu diterima dan sistem mampu menjalankan aktuatur sesuai dengan perintah pengguna.

Pengujian Fungsional PF-04 membahas mengenai pengujian slot waktu pengiriman data yang dibutuhkan pada *gateway*. Hasil pengujian ini adalah waktu pengiriman yang terdeteksi oleh aplikasi Blynk berada pada slot waktu yang telah ditentukan dengan rincian yaitu node 1 selama 4.804 detik, node 2 selama 9.557 detik, dan node 3 selama 12.320 detik.

Pengujian Fungsional PF-05 membahas mengenai pengujian tombol input pada aplikasi Blynk. Hasil dari pengujian ini adalah hasil input pengguna pada Blynk dapat terdeteksi oleh *gateway*, hal ini menandakan bahwa hasil input tombol pada *blynk* dapat mengirim sinyal kepada *gateway* dan sensor node untuk menjalankan perintah menyalakan/mematikan aktuatur pompa.

Pengujian kinerja sistem dilakukan menggunakan uji pengiriman berdasarkan variasi jarak dengan hasil pengujian diukur berdasarkan dua parameter yaitu *success ratio* dan *delay* rata-rata waktu.



Gambar 6 Diagram *Success Ratio*

Gambar 6 menunjukkan hasil rasio keberhasilan pengiriman data dari *node sensor* menuju *gateway*. Rasio kesuksesan pengiriman terendah berada pada jarak 7 meter dengan rasio 71% sedangkan rasio tertinggi berada pada jarak 3 meter dengan rasio 90%.

Tabel 1 Pengujian *Delay* Rata-Rata

Sensor Node	Waktu Delay
SN01	0.871 detik
SN02	0.638 detik
SN03	0.644 detik

Pada tabel 1 dipaparkan hasil pengujian *delay* rata-rata waktu, dari tabel didapatkan bahwa rata-rata delay waktu pada *node sensor* berada pada nilai parameter yang sesuai dengan apa yang telah ditetapkan yaitu 1 detik dengan waktu terlama adalah 0.871 detik.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Proses kinerja yang dilakukan oleh sensor suhu DHT-11 dan sensor *soil moisture* YL-69 untuk sistem pemantauan tanaman berbasis NRF24L01 dimulai dengan analisis kebutuhan agar dapat memetakan dan mengkaji kebutuhan dari sistem yang akan dibuat. Bagian berikutnya adalah perancangan dimana tahap ini terbagi atas perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Pada perancangan perangkat keras sistem dirancang pada gambaran skematik dua dimensi yang telah disesuaikan dengan analisis kebutuhan sistem. Tahap berikutnya adalah perancangan peranti lunak yang dirancang menggunakan metode *state machine* berdasarkan kebutuhan sistem yang telah didefinisikan. Berdasarkan proses perancangan dan penelitian yang telah dilakukan, kinerja yang dilakukan oleh sensor suhu DHT-11 dan sensor *soil moisture* YL-69 pada sistem telah berhasil dijalankan. Sensor suhu dan kelembaban udara

DHT-11 berhasil mengakusisi parameter data suhu dan kelembaban udara sedangkan sensor soil moisture YL-69 berhasil mengakusisi parameter kelembaban tanah dan menentukan kondisi tanah kering atau basah. Akurasi dari hasil akusisi data dari sensor DHT-11 dan YL-69 mencapai $\pm 85\%$ dari seluruh percobaan pengiriman data. Sistem juga mampu mengirimkan dan menampilkan parameter data tersebut pada aplikasi blynk.

Proses kinerja metode Time Division Duplex pada implementasi sistem komunikasi NRF24L01 dimulai ketika sensor pada node mengakusisi data dan mengirim data tersebut kepada mikrokontroler di node. Selanjutnya mikrokontroler pada node mengirimkan data tersebut menggunakan komunikasi NRF24L01 yang slot waktu pengirimannya telah diatur. Lalu gateway akan menerima data-data dari seluruh node dan mengumpulkannya sebelum akhirnya seluruh data tersebut dikirimkan menuju pengguna lewat aplikasi blynk. Ketika pengguna ingin mengatur aktuator pada sistem maka pengguna dapat memasukkan input pada aplikasi blynk kemudian sinyal input tersebut akan diteruskan menuju gateway dan node untuk kemudian dieksekusi sesuai dengan perintah input pengguna.

Efektivitas metode time division duplex pada sistem pengiriman data dari sensor menuju aplikasi end user menunjukkan bahwa metode time division duplex dapat menjalankan pembagian waktu yang telah diatur sesuai dengan parameter yang telah ditentukan. Hasil pengujian yang didapatkan adalah pengiriman data yang dilakukan *sensor node* menuju *gateway* memiliki nilai rasio kesuksesan pengiriman data antara 71 % hingga 90%. Kemudian hasil pengujian delay pengiriman data setiap node menuju gateway menunjukkan bahwa interval pengiriman antar data telah memenuhi parameter yang telah ditentukan yaitu 5 detik untuk sensor SN01, 10 detik untuk sensor SN02, dan 15 detik untuk sensor SN03. Adapun pada hasil pengujian yang telah dilakukan diperoleh delay yang terjadi antar pengiriman data dengan rata-rata waktu selama 0.871 detik untuk sensor SN01, lalu selama 0.638 detik untuk sensor SN02, dan selama 0.644 detik untuk sensor SN03.

5.2 Saran

Merujuk kepada hasil implementasi dan pengujian “Perancangan Dan Implementasi Sistem Pemantauan dan Kontrol Tanaman Berbasis NRF24L01.”, peneliti dapat

memberi saran peningkatan sistem agar lebih efektif, akurat, dan efisien.

1. Memanfaatkan modul radio frequency yang lebih stabil dan memiliki nilai latensi yang lebih rendah agar dapat memaksimalkan proses pengiriman data.
2. Menggunakan metode penjadwalan yang berbeda dari time division duplex sehingga dapat diketahui variasi penjadwalan yang lebih efisien.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Amalina, E.N. dan Setijadi, E., 2013. Perbandingan Topologi WSN (Wireless Sensor Network) Untuk Sistem Pemantauan Jembatan. [PDF] Prosiding Conference on Smart-Green Technology in Electrical and Information System. Tersedia di <https://ojs.unud.ac.id/index.php/prosidin_gcsgteis2013/article/download/7232/5482> [Diakses 11 November 2021]
- Choeri, A., 2018. Implementasi Sistem Pemantauan Kondisi Ruang Menggunakan Jaringan Sensor Nirkabel Berbasis Protokol RF24Network. [PDF] Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer e-ISSN, 2548, p.964X. Tersedia di: <<https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/4097>> [Diakses 13 November 2021]
- Darve, et al., 2021. Thingspeak cloud based smart irrigation system. [PDF] International Journal of Engineering and Creative Science, Vol. 4, No. 1, 2021. Tersedia di: <<http://ijecs.net/publish/412.pdf>> [Diakses 11 November 2021]
- Grami, A., 2016. Introduction To Digital Communications. London, UK: Academic Press, p.457 - 491.
- Hendrajaya, B. 2013. Tinjauan Penggunaan Jaringan Sensor Nirkabel untuk Pemantauan Gunung Api di Indonesia. [Online] Tersedia di: <https://www.academia.edu/download/31289063/Tinjauan_Penggunaan_Jaringan_Sensor_Nirkabel_untuk_Pemantauan_Gunung_Api_di_Indonesia.pdf> [Diakses 12 November 2021]

- Hermawan, A. 2020. Implementasi Time Division Duplex (TDD) pada Bluetooth Low Energy (BLE) dan Wi-Fi untuk Penjadwalan pada Sistem Monitoring Tanaman. [PDF] Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer, 4(9), 2960-2968. Tersedia di: <<https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/7831>> [Diakses 11 November 2021]
- Lee, I. et al., 2015. The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprise. *Business Horizons*, 58(4), p.431-440.
- Ngethe, N.T. 2015. An Adaptive Threshold Energy Detection Technique with Noise Variance Estimation for Cognitive Radio Sensor Networks. [Online] Tersedia di: <<http://hdl.handle.net/11427/20103>> [Diakses 13 November 2021].
- Nordic Semiconductor ASA., 2006. Single Chip 2.4 GHz Transceiver. Tersedia di <https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/nRF24L01_prelim_prod_spec_1_2.pdf> [Diakses 12 November 2021]
- Shobrina, U.J. et al., 2018. Analisis Kinerja Pengiriman Data Modul Transceiver NRF24101, Xbee dan Wifi ESP8266 Pada Wireless Sensor Network. [PDF] Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, vol. 2, no. 4, p. 1510-1517, agu. 2017. ISSN 2548-964X. Tersedia di: <<https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/1241>>. [Diakses 13 November 2021]
- Timur, B. et al., 2017. Implementasi Timing - Sync Untuk Sensor Networks Pada Jaringan Sensor Multihop. [PDF]. Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, vol. 1, no. 10, p. 1142-1151, juli 2017. ISSN 2548-964X. Tersedia di: <<https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/345>>. [Diakses 13 November 2021]
- Wan, Z. et al., (2019). Environment dynamic monitoring and remote control of greenhouse with ESP8266 NodeMCU. [PDF] 2019 IEEE 3rd Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference (ITNEC). Tersedia di: <<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8729519>>. [Diakses 12 November 2021]